

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Letras  
Departamento de Geografia



# **Condições Climáticas de Inverno e a Mortalidade Diária no Distrito de Lisboa**

Jorge Manuel Alexandre Marques

MESTRADO EM GEOGRAFIA  
(Especialização em Clima e Sociedade)

2007

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Letras  
Departamento de Geografia



## **Condições Climáticas de Inverno e a Mortalidade Diária no Distrito de Lisboa**

Jorge Manuel Alexandre Marques

MESTRADO EM GEOGRAFIA  
(Especialização em Clima e Sociedade)

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Henrique José Nunes Andrade

2007

## **Preâmbulo**

Os factores naturais que influenciam os seres vivos sempre me entusiasmaram, mais precisamente a compreensão da forma como os seres humanos são afectados pelo clima, nomeadamente em situações meteorológicas mais adversas à própria vida, como por exemplo, os efeitos extremos decorrentes de determinadas situações sinópticas.

O meu interesse pela Climatologia já é antigo e esteve sempre ligado à Geografia. Mais recentemente surgiu uma grande motivação pela Biometeorologia e a Bioclimatologia Humana, para procurar entender a forma como os seres humanos são afectados pela atmosfera que os envolve.

Esta tese de Geografia em clima e sociedade aborda precisamente uma temática pertinente que é a derradeira forma da vida “a mortalidade”, numa altura do ano onde o número de óbitos é particularmente elevado. As dificuldades existentes nos estudos desta ordem, por vezes, são complexas devido às múltiplas relações presentes entre a atmosfera e os seres humanos, mas são necessários, pois possuem extrema importância no planeamento da saúde pública.

Os trabalhos iniciados na década de 70 do passado século sobre estas temáticas, pelo Meteorologista Dr. Bento Rodrigues foram decisivos para me incentivar e dar continuidade a estas temáticas.



## **Agradecimentos**

Esta tese foi possível graças ao interesse demonstrado por algumas entidades a quem quero aqui prestar os meus agradecimentos:

À Direcção Geral de Saúde (DGS) pela disponibilidade dos dados da mortalidade diária para o distrito de Lisboa, em particular à Dr.<sup>a</sup> Judite Catarino e ao Instituto de Meteorologia, I.P. (I.M., I. P.) pela utilização dos dados meteorológicos.

Quero aqui deixar um agradecimento a todas as pessoas que me auxiliaram e tornaram possível a concretização desta tese:

Em primeiro lugar, ao Professor Henrique Andrade pela orientação atenta e pelo apoio científico dado nas diferentes fases do trabalho e à Professora Maria João Alcoforado como inspiradora do tema.

Quero agradecer ao Professor Oliveira Pires pelos seus preciosos conselhos científicos sobre meteorologia e clima e ao Dr. Luís Pessanha pelo auxílio prestado. Também à Doutora Sílvia Antunes que me apoiou em determinados momentos cruciais para a realização desta tese.

Devo ainda agradecer à Observadora Meteorológica Paula Casquinha e ao Sr. Pedro Alves do Centro de Documentação Pinto Peixoto, do I.M., I.P., que sempre se prontificaram na ajuda da pesquisa bibliográfica.

Finalmente, quero deixar um agradecimento muito especial à minha família, no apoio e força que me deram para concluir esta tese.



## Resumo

Da análise da variação sazonal da mortalidade em Portugal Continental verifica-se que durante o Inverno, o número de óbitos é particularmente elevado. São por isso estudados os impactes das condições climáticas de Inverno na mortalidade diária no distrito de Lisboa para o período de 1996 a 2003. Identificam-se os elementos meteorológicos que influenciam a variação da mortalidade diária desta época do ano, de forma estatisticamente significativa. A diminuição da temperatura do ar (máxima, média e mínima) promove o aumento da mortalidade diária de forma significativa no distrito de Lisboa durante o Inverno. Os resultados mais significativos são obtidos com a utilização de um índice termofisiológico a *Physiological Equivalent Temperature (PET)*. Verifica-se que existe um desfasamento na mortalidade diária em relação às condições climáticas que a afectam. Concluindo-se também que a mortalidade masculina responde mais rapidamente às temperaturas baixas, do que a feminina. No entanto, reconhece-se que as mulheres sofrem um efeito mais prolongado às mesmas condições.

**Palavras chave:** Mortalidade diária, Inverno, Lisboa, elementos meteorológicos, índice termofisiológico (*PET*).





## Abstract

Analysing the seasonal variation of the mortality in Portugal it was found that, during the winter, the number of deaths was particularly high. The impact of winter climate conditions in the District of Lisbon mortality rate, was assessed (1996 to 2003) and some meteorological elements, influencing the daily variability of mortality over this period, with statistical significance, have been identified. The decrease in daily air temperature (maximum, average and minimum), promotes a significant increase in daily mortality in the District of Lisbon during the winter season but the most significant results were obtained by the use of the Physiological Equivalent Temperature. Furthermore, it was found a time lag between the daily mortality and temperature conditions and it was possible to conclude that male mortality has a faster answer, responding quickly to a decrease in the temperature compared with female. However, the effect on women persists for longer time.

**Key words:** Daily mortality, winter, Lisbon, meteorological elements, *Physiological Equivalent Temperature (PET)*.



## Índice

Preâmbulo .....	3
Agradecimentos.....	5
Resumo .....	7
Abstract .....	9
Índice .....	11
Índice de Figuras .....	13
Índice de Quadros.....	15
Capítulo 1 .....	17
Introdução .....	17
Capítulo 2.....	23
Dados e Metodologia.....	23
Capítulo 3.....	29
A Mortalidade em Portugal Continental .....	29
3.1 Aspectos gerais .....	29
3.2 Variação sazonal e mensal.....	30
Capítulo 4.....	33
A Mortalidade de Inverno no distrito de Lisboa .....	33
4.1 Breve caracterização do espaço em estudo.....	33
4.2 Variação interanual e mensal.....	36
4.3 Variação diária.....	39
4.4 Diferenciação semanal.....	43
4.5 Diferenciação entre géneros (homens e mulheres).....	46
4.6 Conclusão dos capítulos 3 e 4.....	49
Capítulo 5.....	51
O clima da Região de Lisboa.....	51
5.1 Aspectos gerais das condições climáticas de Inverno .....	51
5.2 Análise interanual de Inverno.....	54
5.3 Análise mensal.....	56

5.4 Conclusão do capítulo 5 .....	60
Capítulo 6.....	61
Relação entre a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa com vários elementos meteorológicos .....	61
6.1 Métodos .....	62
6.2 Análise dos resultados .....	66
Capítulo 7.....	69
Relação da mortalidade diária de Inverno do distrito de Lisboa com a temperatura do ar .....	69
7.1 Métodos .....	70
7.2 Análise dos resultados .....	71
7.3 Mortalidade diária por géneros com a temperatura .....	74
7.4 O atraso da mortalidade com a temperatura .....	77
7.5 O atraso da mortalidade por géneros com a temperatura .....	79
7.6 Conclusão do capítulo 7 .....	81
Capítulo 8.....	83
Relação da mortalidade diária de Inverno do distrito de Lisboa com a <i>Physiological Equivalent Temperature (PET)</i> .....	83
8.1 O atraso da mortalidade geral com a <i>PET</i> .....	86
8.2 O atraso da mortalidade por géneros com a <i>PET</i> .....	88
8.3 Conclusão do capítulo 8 .....	90
Capítulo 9.....	91
Conclusão geral.....	91
Bibliografia .....	95
Dados utilizados .....	101
Sites visitados .....	101

## Índice de Figuras

Figura 1. Distrito de Lisboa.....	27
Figura 2. Sazonalidade da mortalidade em Portugal Continental .....	30
Figura 3. Variação média mensal da mortalidade em Portugal Continental .....	31
Figura 4. Limites concelhios do distrito de Lisboa .....	33
Figura 5. Limites distritais de Portugal Continental.....	33
Figura 6. Densidade populacional (2001).....	34
Figura 7. Variação populacional (1991 a 2001) .....	34
Figura 8. Variabilidade interanual da mortalidade de Inverno do distrito de Lisboa.....	37
Figura 9. Variação mensal da mortalidade de Inverno do distrito de Lisboa.....	38
Figura 10. Variação da mortalidade diária de Dezembro no distrito de Lisboa.....	40
Figura 11. Variação da mortalidade diária de Janeiro no distrito de Lisboa.....	40
Figura 12. Variação da mortalidade diária de Fevereiro no distrito de Lisboa .....	41
Figura 13. Variação da mortalidade diária de Março no distrito de Lisboa .....	41
Figura 14. Variação da mortalidade diária de Inverno por géneros .....	47
Figura 15. Variação da mortalidade média com a temperatura máxima do ar.....	72
Figura 16. Variação da mortalidade média com a temperatura média do ar .....	72
Figura 17. Variação da mortalidade média com a temperatura mínima do ar.....	72
Figura 18. Variação da mortalidade com a temperatura máxima do ar (homens).....	75
Figura 19. Variação da mortalidade com a temperatura média do ar (homens).....	75
Figura 20. Variação da mortalidade com a temperatura mínima do ar (homens) .....	75
Figura 21. Variação da mortalidade com a temperatura máxima do ar (mulheres) .....	75
Figura 22. Variação da mortalidade com a temperatura média do ar (mulheres) .....	75
Figura 23. Variação da mortalidade com a temperatura mínima do ar (mulheres).....	75
Figura 24. Atraso da mortalidade diária em relação às temperaturas (1996 a 2003) .....	77
Figura 25. Atraso da mortalidade diária dos homens em relação às temperaturas (1996 a 2003).....	80
Figura 26. Atraso da mortalidade diária das mulheres em relação às temperaturas (1996 a 2003).....	80

Figura 27. Atraso da mortalidade diária em relação à <i>PET</i> (1996 a 2003) .....	86
Figura 28. Atraso da mortalidade diária dos homens em relação à <i>PET</i> .....	89
Figura 29. Atraso da mortalidade diária das mulheres em relação à <i>PET</i> .....	89

## Índice de Quadros

Quadro 1. Estatística da mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa.....	39
Quadro 2. Análise de Variância entre grupos dos meses de Dezembro (1996 a 2002)..	45
Quadro 3. Análise de Variância entre grupos dos Meses de Fevereiro (1997 a 2003) ..	45
Quadro 4. Análise de Variância entre grupos dos meses de Janeiro (1997 a 2003).....	45
Quadro 5. Análise de Variância entre grupos dos meses de Março (1997 a 2003).....	45
Quadro 6. Medidas estatísticas da mortalidade de Inverno no distrito de Lisboa por género (1996 a 2003).....	46
Quadro 7. Matriz de cálculo para o Teste do Qui-Quadrado.....	48
Quadro 8. Elementos termo-pluviométricos mensais da EML/GC (1982/2000) .....	52
Quadro 9. Inverno Típico .....	53
Quadro 10. Variabilidade interanual de Inverno na EML/GC .....	54
Quadro 11. Classificação dos meses.....	56
Quadro 12. Decis termo-pluviométricos da EML/GC (1982/2000).....	57
Quadro 13. Classificação mensal dos Invernos (1996 a 2003).....	58
Quadro 14. Matriz de correlação cruzada entre os elementos meteorológicos e a mortalidade diária do distrito de Lisboa (1996 a 2003).....	67





# Capítulo 1

## Introdução

A vulnerabilidade humana perante o clima é de há muito reconhecida. Desde a pré-história que o homem sente necessidade de se proteger dos riscos associados a fenómenos meteorológicos extremos. Algumas das diversas práticas iniciadas pelo homem, ainda numa fase primitiva, elucidam bem a vulnerabilidade humana a este tipo de fenómenos. Sem o vestuário, os abrigos, o fogo e a água as actividades humanas ter-se-iam restringido apenas a algumas faixas latitudinais da Terra. Os povos das grandes civilizações antigas adoptaram estratégias para enfrentar alguns dos impactes climáticos mais desfavoráveis à vida, assim como retirar vantagens dos elementos positivos do clima (Alcoforado, 1997; Alcoforado *et al.*, 1999). Isto ainda hoje está bem evidente em actividades como a arquitectura, a agricultura e as actividades sócio-económicas.

A noção de que diferentes estados do tempo induzem efeitos diferentes na saúde e no bem-estar humano já existia há 4.600 anos na China (Rodrigues, 1978a). No mundo ocidental alguns destes conceitos só foram fundamentos muito mais tarde, por Hipócrates, no tratado “*Dos ares, águas e lugares*”, escrito na Grécia no século IV a.C., sendo um dos objectivos desse tratado precisamente incentivar os médicos viajantes que pretendiam curar em terras estranhas a observarem os ventos, as águas, o clima e os hábitos desses lugares.

Em Portugal são conhecidos alguns estudos que relacionam o clima e a saúde, desde a segunda metade do séc. XIX, elaborados pelo silvicultor Barros Gomes. Joaquim Guilherme Gomes Coelho (Júlio Diniz), em 1861, defendeu uma tese em Medicina intitulada “Da importância dos estudos meteorológicos para a Medicina e especialmente de suas aplicações ao ramo operatório”, recentemente publicada pela Editora Coimbra (2005). Ainda durante este século Marino Franzini estabelecia relações entre o clima e a mortalidade de algumas freguesias da cidade de Lisboa (Alcoforado *et al.*, 1999). Já no séc. XX os médicos D.G. Dalgado e F. da Silva Telles redigiam uma publicação em inglês sobre a acção terapêutica do clima de Portugal (Alcoforado,

1981). Os estudos sobre as diversas influências que o clima pode exercer no conforto humano ou na saúde pública aumentaram durante as últimas décadas do século XX, alguns exemplos são apresentados nos trabalhos desenvolvidos por Rodrigues (1978a, 1978b, 1979), Falcão *et al.*, (1988, 2004), Pinheiro (1990), Alcoforado (1991), Andrade (1994, 1998, 2003), Garcia *et al.*, (1999), Silva *et al.*, (2005).

Os estudos sobre as relações entre o clima, estado do tempo e a saúde humana são desenvolvidos actualmente no âmbito da Bioclimatologia e da Biometeorologia. O desenvolvimento das duas matérias está muitas vezes sobreposto, o que conduz muitos autores a utilizarem os dois termos como sinónimos (Andrade, 2003). Também as matérias desenvolvidas nesta tese estão relacionadas com estas duas ciências (Biometeorologia/Bioclimatologia Humana). Contudo, dado que se pretendem extrair conclusões generalizáveis na época de Inverno, para o clima de Lisboa, considera-se que ela se integra, sobretudo no âmbito da Bioclimatologia humana.

Embora o conhecimento científico, sobre estas ciências, não tenha parado de aumentar, também o efeito do clima sobre a saúde humana não tem parado de crescer (CGER, 2001; Gagnon *et al.*, 2001; Kolivras *et al.*, 2004). As alterações climáticas indicadas por diversos autores Kalkstein (1991) Kalkstein *et al.* (1997), Benson *et al.* (2000), CGER (2001), Gagnon *et al.* (2001), Santos *et al.* (2002), Dessai (2004), anunciam enormes impactes destas alterações sobre a saúde humana, embora se mantenham muitas incertezas sobre essas matérias (Santos *et al.*, 2002; Dessai, 2003, 2004; Kolivras *et al.*, 2004).

Os impactes indirectos decorrentes das alterações climáticas na saúde humana são mais difíceis de estudar, pois podem interferir na dinâmica de alguns tipos de doenças, influenciando o desenvolvimento e a longevidade de agentes patogénicos, modificando muitas vezes a distribuição espacial de vectores de doenças. (Gagnon *et al.*, 2001; Kolivras *et al.*, 2004). Os efeitos directos do aumento da frequência de alguns fenómenos meteorológicos adversos à saúde humana (nomeadamente dos extremos térmicos) são mais fáceis de identificar e quantificar, e a vulnerabilidade humana às temperaturas extremas está cientificamente reconhecida (Falcão *et al.*, 1988, 2004; Pinheiro, 1990; Kalkstein, 1991; Matzarakis *et al.*, 1991; Kalkstein *et al.*, 1997;

Alberdi, *et al.*, 1998; Benson *et al.*, 2000; Curriero *et al.*, 2002; Davis *et al.*, 2002; Tan *et al.*, 2006).

As alterações climáticas são actualmente uma evidência em termos globais e particularmente nas calotes polares as previsões de diferentes modelos apontam para um aumento da temperatura do ar à escala global.

Com tais projecções, são vários os autores que orientam as suas conclusões para uma diminuição da mortalidade na época mais fria do ano e um aumento do número de óbitos durante o período estival, sobretudo devido às situações de ondas de calor (Kalkestein, 1991; Kalkestein *et al.*, 1997; Benson *et al.*, 2000; Davis *et al.*, 2002; Tan *et al.*, 2006; Tamerius, 2007). Mas actualmente, na grande maioria dos países do hemisfério norte, a mortalidade assume os valores mais elevados durante a época mais fria do ano (Keatinge *et al.*, 2002; Healey, 2003; Mackenbach *et al.*, 1992; Mckee *et al.*, 1998; Alberdi *et al.*, 1998; Gemmell *et al.*, 2002; Curriero *et al.*, 2002; Wilkinson *et al.*, 2004), o mesmo se verificando em Portugal Continental, como se mostrará mais adiante.

É do conhecimento geral que existem certos factores e circunstâncias (sociais e económicos) que são determinantes para explicar alguns dos riscos de morrer mas, com o avanço da idade a probabilidade de morte aumenta. Nas estatísticas anuais da saúde da DGS o “Risco de morrer em Portugal” é particularmente acrescido nos homens até aos 75 anos (Catarino, 2000, 2001, 2002). Somente, a partir desta faixa etária (> 75 anos) é que a mortalidade no grupo das mulheres é mais elevada. Esta distribuição da mortalidade por género e faixa etária evidencia a mortalidade prematura dos homens face às mulheres.

Nesta tese pretende-se analisar a relação entre as condições climáticas de Inverno e a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa.

Escolheu-se a mortalidade do distrito de Lisboa essencialmente pelas seguintes razões:

- É o distrito de Portugal Continental com maior número de população (INE, 2005);
- Constitui uma das regiões nacionais que apresenta os melhores índices de desenvolvimento social e económico (MCOTA, 2004);

- Possui a nível nacional os melhores acessos aos cuidados e serviços de saúde (Santana *et al.*, 2004; INE, 2005);
- Foi possível obter os dados diários de mortalidade de sete Invernos (1996/97 a 2002/2003) para o conjunto do distrito.

O clima da região de Lisboa já se encontra bem descrito em Alcoforado (1987, 1992) e, em alguns aspectos do bioclima humano, para a cidade de Lisboa, em Andrade (1998, 2003) e Andrade e Alcoforado (2007). Alguns estudos sobre as relações entre o clima e mortalidade foram apresentados em Falcão *et al.* (1988, 2004) e Garcia *et al.* (1999) que estudaram o impacto das temperaturas estivais elevadas sobre a mortalidade, e em Pinheiro (1990) que estabeleceu diferenças deste fenómeno social entre os distritos de Viana do Castelo e Faro.

O Observatório Nacional de Saúde (ONSA) iniciou em 1999 um sistema de vigilância de ondas de calor com potencial impacto na saúde humana. Este sistema foi implantado com a utilização do Índice ÍCARO<sup>1</sup>, em colaboração com o I.M., I.P.

Em 2004, o ONSA realizou um estudo sobre os efeitos do frio na população, decorrentes das temperaturas baixas de Inverno, onde se mostra que a probabilidade de morte durante esta altura do ano é muito maior do que em qualquer outra. No entanto, este excesso de mortalidade relacionada com as temperaturas baixas de Inverno não tem tido o mesmo acompanhamento que a mortalidade associada à temperatura máxima do Verão (Índice ÍCARO).

Com esta tese pretende-se ajudar a colmatar essa lacuna, sendo a presente dissertação organizada da seguinte forma:

- No capítulo presente (1) expõe-se parte do estado da arte actual sobre a problemática da mortalidade que pode estar associada às situações meteorológicas adversas e condições climáticas, em função de dados e estudos pré-existentes.

---

<sup>1</sup> ÍCARO – Importância do CALor: Repercussão sobre os Óbitos (nº de óbitos previstos / nº de óbitos esperados). O Índice ÍCARO é activado anualmente entre os meses de Maio e Setembro.

- No capítulo 2 apresenta-se a estratégia metodológica adoptada e os dados utilizados no estudo.
- Nos capítulos 3 e 4 são analisados os principais aspectos da mortalidade para duas escalas espaciais distintas. Em primeiro lugar, estuda-se a mortalidade nacional, sendo analisada a sua sazonalidade e variabilidade interanual. Para a mortalidade do distrito de Lisboa estuda-se o número diário de óbitos durante o período do Inverno. Nesta escala distrital são feitos vários tipos de análises da mortalidade geral sendo também analisada a diferenciação entre géneros (masculino e feminino).
- No capítulo 5 é caracterizado o clima da região de Lisboa, com particular destaque para o Inverno, sendo analisadas a variabilidade interanual e sazonal da temperatura do ar e da quantidade de precipitação.
- Nos capítulos 6, 7 e 8 pretende-se identificar as relações entre a mortalidade diária do distrito de Lisboa e as condições climáticas de Inverno. Fazem-se vários tipos de análises da mortalidade geral e entre géneros. Para isso são utilizados diversos elementos meteorológicos e um índice termofisiológico (*Physiological Equivalent Temperature – PET*: Höppe, 1999; Matzarakis *et al.*, 1999; Andrade, 2003).
- No capítulo 9 apresentam-se as conclusões gerais das relações significativas identificadas entre a mortalidade diária do distrito de Lisboa e as condições climáticas de Inverno.



## Capítulo 2

### Dados e Metodologia

Para estudar as condições climáticas de Inverno e a mortalidade diária do distrito de Lisboa foram utilizados dois tipos de dados:

1. Dados da mortalidade: valores mensais nacionais para o período de 1987 a 2001<sup>2</sup> e valores diários do distrito de Lisboa de Inverno para o período de 1996 a 2003<sup>3</sup>. Todos estes dados da mortalidade estão codificados de acordo com a lista básica para tabulação - *Classificação Internacional das Doenças – 9ª revisão (CID-9)*<sup>4</sup>. Considerou-se como período de Inverno os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, por motivos que adiante se explicam.
2. Dados de elementos climáticos mensais para o período de 1982 a 2000 e dados diários de Inverno para o período de 1996 a 2003, registados na estação meteorológica de Lisboa/Gago Coutinho (EML/GC), do I.M., I.P.

Apresentam-se os procedimentos seguidos para o tratamento e análise dos dados utilizados, efectuados nas fases seguintes:

1. Com os valores mensais da mortalidade em Portugal Continental para o período de 1987 a 2001 pretende identificar-se a variação mensal da mortalidade e comparar esse ritmo sazonal com a observada noutros países do Hemisfério das latitudes médias. Pretende determinar-se o período do ano com os valores mais elevados da mortalidade em Portugal Continental, como

---

<sup>2</sup> Fonte: Instituto Nacional de Estatística.

<sup>3</sup> Fonte: Direcção Geral de Saúde.

<sup>4</sup> Frequentemente designada de **CID (Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde – International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems – ICD)**, é uma lista publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) usada internacionalmente para as estatísticas da saúde.

o período que será utilizado neste estudo para a mortalidade diária de Inverno do distrito de Lisboa. Os dados da mortalidade no distrito de Lisboa correspondem a sete Invernos, isto é, de 1996/97 a 2002/03. Estes dados diários estão disponíveis para todo o distrito, não sendo possível neste espaço administrativo determinar qualquer tipo de diferenciação espacial. Foram utilizados alguns testes de hipóteses<sup>5</sup> e testado o nível de significância para analisar os seguintes aspectos da mortalidade diária deste distrito:

- 1.1. Variação interanual e mensal;
- 1.2. Variação semanal (conjugando vários dias semanais, feriados e fins de semana);
- 1.3. Variação entre géneros (homens e mulheres).

2. Os elementos climáticos usados para o período de 1982 a 2000 foram registados na EML/GC, do I.M., I.P., cuja localização se apresenta na Figura 1. A estação meteorológica está integrada na rede sinóptica principal, da Organização Meteorológica Mundial (OMM)<sup>6</sup>, desde que entrou em funcionamento em 1982, os instrumentos meteorológicos utilizados nesta estação cumprem as recomendações da organização. Os principais elementos meteorológicos observados nesta estação circulam no GTS (*Global Telecommunication System*)<sup>7</sup>, contribuindo para a inicialização de diversos modelos globais da atmosfera, de análise e previsão do estado do tempo. Esta estação meteorológica com o número 08579 encontra-se livre de obstáculos significativos em todos os sectores e sem influência de factores urbanos próximos ou formas de relevo acentuadas. Assim, a informação meteorológica registada nesta estação meteorológica considera-se representativa no que se refere a este estudos do distrito de Lisboa. De

---

<sup>5</sup> Os testes consideram que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples).

<sup>6</sup> Publicadas no “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”. Determina a organização que uma estação meteorológica deste tipo tenha uma representatividade de uma área com raio superior a 50 km.

<sup>7</sup> Rede de telecomunicações da Organização Meteorológica Mundial (OMM).



qualquer forma, salienta-se que a utilização de mais estações meteorológicas não enriqueceria muito esta tese, visto que a escala de trabalho da mortalidade diária é distrital e não é possível, por falta dos dados adequados, espacializar a mortalidade diária no distrito de Lisboa. Também a densidade populacional no distrito de Lisboa é muito mais elevada nos concelhos da parte sul do que nos da parte norte, pelo que a estação utilizada representa o clima da área de maior população do distrito, como se apresentará mais adiante. Para efeitos climatológicos a EML/GC ainda é uma estação recente, pois não possui uma “*Normal Climatológica*”<sup>8</sup>, que tem a finalidade de definir as características médias climáticas de uma determinada região.

Para a caracterização climática da região seleccionaram-se os seguintes elementos climáticos desde a sua entrada em funcionamento até ao ano 2000:

2.1. Média mensal da temperatura do ar (mínima, máxima e média);

2.2. Precipitação média mensal, número médio de dias com precipitação superior a determinados limites e número médio de dias sem precipitação;

Atendendo a que os dados da mortalidade diária do distrito de Lisboa só estão disponíveis para este período de Inverno de 1996 até 2003, foi necessário calcular as médias dos mesmos elementos variáveis para este período.

3. Sendo o principal objectivo desta tese analisar as relações entre as condições climáticas de Inverno para o período de 1996 a 2003 e a mortalidade diária no distrito de Lisboa foram feitas várias análises, para a mortalidade diária geral e por géneros (homens e mulheres).

Os dois principais intentos desta análise são:

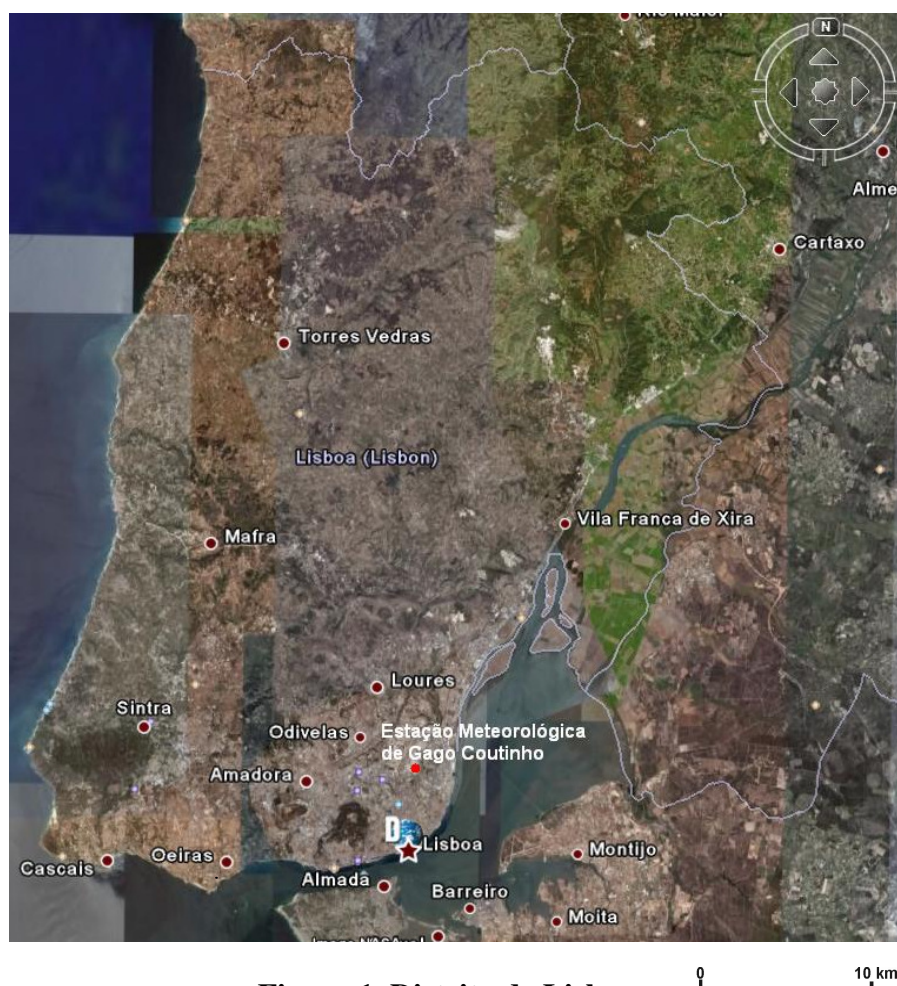
3.1. Identificar os elementos climáticos que influenciam de forma significativa a mortalidade diária no distrito de Lisboa. Para efectuar este

---

<sup>8</sup> Por recomendação da OMM uma “Normal Climatológica” define-se pela média dos elementos meteorológicos de três décadas consecutivas.

tipo de análise são utilizados vários tipos de dados meteorológicos diários da EML/GC, designadamente a pressão atmosférica, a temperatura do ar à superfície, a humidade relativa, a precipitação, a intensidade do vento, e a nebulosidade; dados compostos tais como a amplitude interdiurna dos dados meteorológicos, amplitude diária e um índice termofisiológico (*Physiological Equivalent Temperature - PET*). Essa relação foi estabelecida, quer com os elementos meteorológicos observados no mesmo dia, quer com os registados para diferentes desfasamentos diários, isto é, com os valores que ocorrem um ou mais dias antes.

3.2. Analisar as relações significativas detectadas entre o número de óbitos diário e os diferentes elementos meteorológicos dá-se particular destaque à temperatura do ar (máxima, média e mínima) e procurou determinar-se os valores das temperaturas do ar que correspondem aos valores mais baixos de mortalidade e a forma como o número de óbitos evolui com a variação da temperatura do ar. Procurou-se também identificar as diferenças por géneros (homens e mulheres).



**Figura 1. Distrito de Lisboa**

Fonte: Google Earth/ Image NASA

Legenda: ● Localização da estação meteorológica de Lisboa/Gago Coutinho, do I.M., I.P.



## Capítulo 3

### A Mortalidade em Portugal Continental

#### 3.1 Aspectos gerais

A avaliação do estado da saúde de uma população deve ser definida por um conjunto de indicadores (Santana, 1999) onde devem ser considerados a demografia, os factores sócio-económicos e um vasto grupo de factores ligados com a saúde (European Community Health Indicators – Indicadores de Saúde da Comunidade Europeia; 2003)<sup>9</sup>.

Os melhores indicadores do estado de saúde de uma população são a morbilidade<sup>10</sup> e a mortalidade, resultando da sua conjugação a informação crucial para a prevenção de alguns tipos de doenças (Catarino, 2000, 2001 e 2002). Contudo, a obtenção de dados utilizáveis para a estatística da morbilidade, mesmo em países mais desenvolvidos, apresenta grandes dificuldades (Alcoforado, 1991; Santana, 1999; Catarino, 2000, 2001, 2002). As limitações das estatísticas da morbilidade são múltiplas, desde a interpretação de fichas médicas à sua confidencialidade, passando pela organização e dispersão deste tipo de informação (Alcoforado, 1991; Santana, 1999).

As estatísticas da morbilidade e da mortalidade estão sujeitas a regras determinadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), as quais permitem promover a comparação internacional destas duas variáveis relativas à saúde. Mas, entre a morbilidade e a mortalidade não há dúvida que as estatísticas sobre a mortalidade relatam um facto concreto e inequívoco, sendo por isso mais fáceis de interpretar e utilizar. As condicionantes sobre as estatísticas da morbilidade levam a que grande parte da investigação na área da saúde pública explore mais intensivamente as estatísticas da mortalidade (Santana, 1999; Catarino, 2002).

---

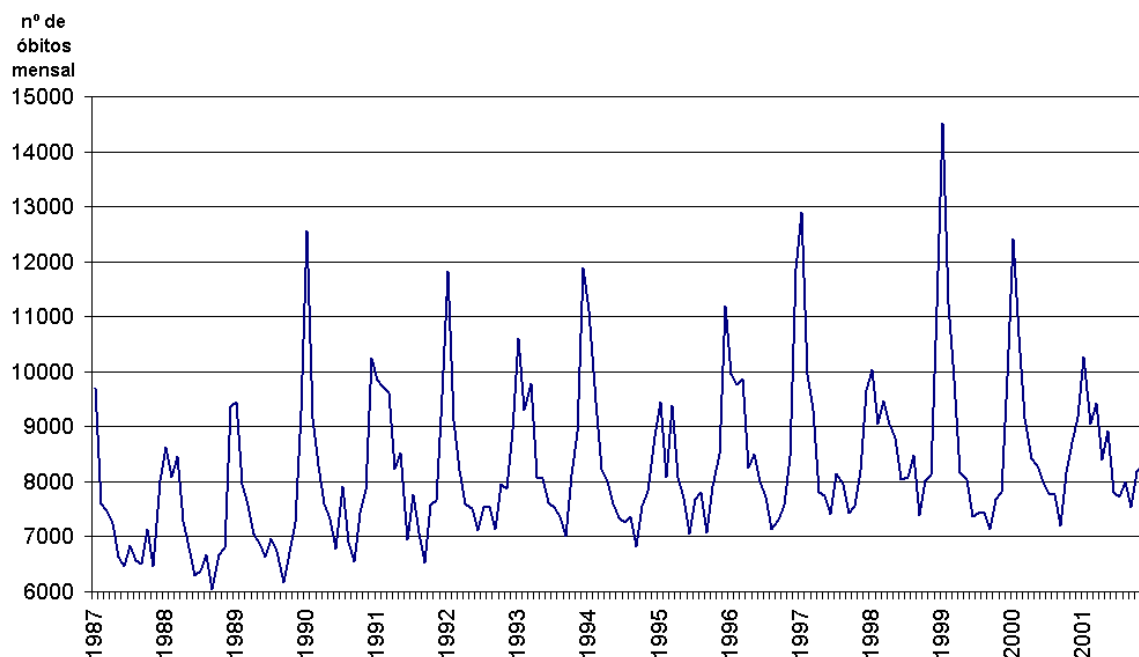
<sup>9</sup> Indicadores em vigor, incluindo os utilizados pelo Eurostat, pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Organização e Cooperação de Desenvolvimento Económico (OCDE).

<sup>10</sup> Em Epidemiologia, morbilidade é a taxa de portadores de uma determinada doença em relação ao número de habitantes sãos.

### 3.2 Variação sazonal e mensal

A mortalidade nos países das latitudes médias e altas é caracterizada por uma sazonalidade bem definida. Os valores mais elevados ocorrem durante os meses mais frios do ano e os valores mais baixos durante os meses mais quentes (Mackenbach *et al.*, 1992; Mckee *et al.*, 1998; Alberdi *et al.*, 1998; Gemmell *et al.*, 2002; Curriero *et al.*, 2002; Wilkinson *et al.*, 2004). Este tipo de comportamento sazonal do número de óbitos ocorre também em Portugal Continental (Pinheiro, 1990; INE, 2003; Falcão *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2005).

Anualmente evidenciam-se dois períodos sazonais bem distintos quanto ao número de óbitos em Portugal Continental (Figura 2). A análise referente à mortalidade mensal de 1987 a 2001 mostra que os valores mais baixos da mortalidade correspondem sempre ao período mais quente do ano e os valores mais elevados coincidem sempre com os meses mais frios.



**Figura 2. Sazonalidade da mortalidade em Portugal Continental**

Mas, como se pode comprovar através da Figura 2, a mortalidade durante o Inverno também apresenta alguma variabilidade. Notem-se, por exemplo, os contrastes entre os valores mais elevados de mortalidade verificados nos Invernos de 1989/90, 1996/97, 1998/99 e 1999/2000 com os valores mais baixos de 1987/88, 1988/89, 1994/95, 1997/98 e 2000/01 (Figura 2). Nogueira (2003) mostrou que os Invernos com valores mais baixos de mortalidade apresentam uma distribuição da mortalidade que se prolonga mais ao longo tempo.

Para analisar a mortalidade mensal dos quinze anos (1987 a 2001) de forma mais detalhada fez-se corresponder cada total mensal a unidades de tempo iguais de 30 dias. Assim, ao número de óbitos mensal referente aos meses com 31 dias foi aplicado um factor de 0,96, aos meses com 29 dias o factor de 1,03 e aos meses com 28 dias o factor de 1,07. Finalmente foi calculada a mortalidade média para cada mês que se apresenta na Figura 3, onde é evidente o forte contraste sazonal da mortalidade entre os meses mais quentes e os mais frios do ano.

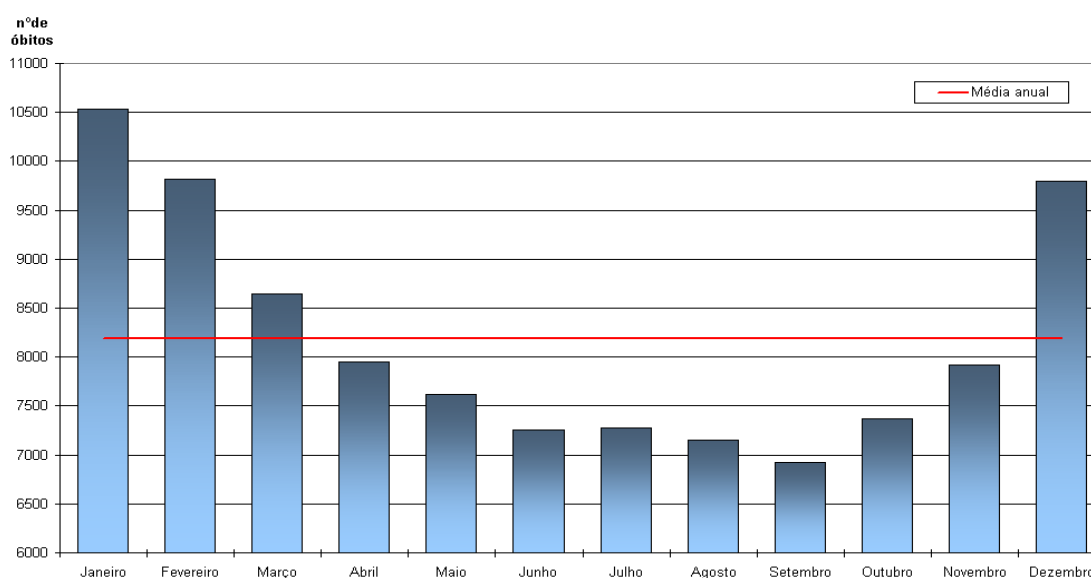


Figura 3. Variação média mensal da mortalidade em Portugal Continental

Os meses que apresentam os valores médios de mortalidade mais elevados são Janeiro, Fevereiro, Março e Dezembro; todos estes meses possuem valor mensal de mortalidade superior à média (8189 óbitos). Os restantes meses são todos inferiores à média anual, podendo considerar-se que apresentam um comportamento de transição.

Na variação mensal da mortalidade média em Portugal Continental, o mês de Dezembro parece marcar uma mudança no ritmo da mortalidade em Portugal, com um aumento acentuado do número de óbitos mensal. Entre Dezembro e Janeiro o número de óbitos aumenta sempre, surgindo, com elevada frequência, um pico da mortalidade em Janeiro. Nos meses seguintes, e de um modo geral, a mortalidade mensal diminui até Junho. A partir do mês de Junho e até ao mês de Novembro registam-se todos os anos os valores mais baixos da mortalidade.

O contraste do número de óbitos mensal entre os meses mais frios e mais quentes também já foi relatado pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) nas “Estatísticas Demográficas – da Mortalidade”, onde se refere que “... *o mês de Janeiro registou uma média de 387 óbitos por dia, enquanto, no mês de Setembro, ocorreu uma média de 249 falecimentos diários ...*” (in Destaque, 2003), ou seja, uma diferença de mortalidade na ordem de 30%.

Confirma-se assim o excesso de mortalidade mensal durante os meses mais frios do ano em Portugal; este tipo de comportamento parece surgir nos países do sul da Europa com maior evidência (Keatinge *et al.*, 2002; Healey, 2003).

Num Colóquio recente sobre riscos naturais, era expressa a ideia: “Há um frio de morrer em Portugal e é necessário conhecer um problema que está relacionado com o estado de saúde e idade das pessoas, mas que é sobre determinado pelas condições de vida, nomeadamente de alojamento” (Alves, 2001). Noutro estudo realizado por inquérito, em 2004 pelo ONSA, os “Efeitos do Frio nas Famílias Portuguesas” 35% dos inquiridos declaram ter problemas de saúde associados ao frio e perto de 50% consideram viver em casas frias ou muito frias. Andrade (2003) verificou no período 1971 a 2000 que a frequência global do número de dias e de noites de desconforto devido ao frio é muito superior à dos dias quentes.

O desconforto da população nacional devido ao frio parece ser consensual na comunidade científica. Na análise efectuada à mortalidade em Portugal continental verifica-se que a probabilidade de morrer é sempre maior durante os meses mais frios do ano, nomeadamente em **Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março**. Estes meses passam a constituir o período de estudo, passando a ser designados por “**Inverno**”.



## Capítulo 4

### A Mortalidade de Inverno no distrito de Lisboa

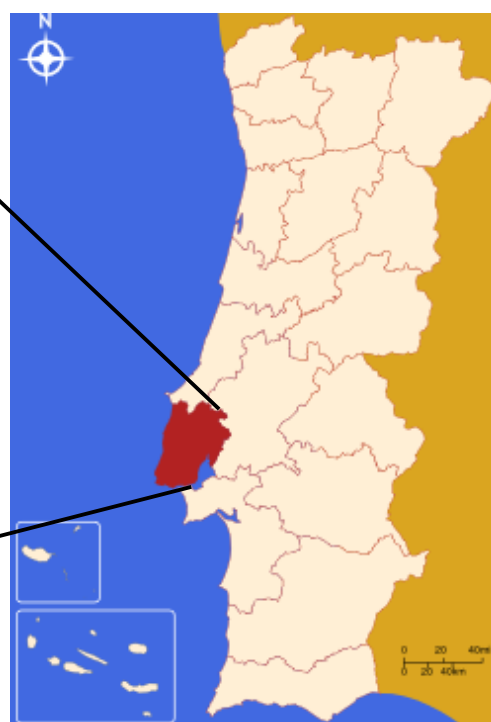
#### 4.1 Breve caracterização do espaço em estudo

O distrito de Lisboa (Figura 4) é um dos distritos mais pequenos de Portugal Continental (Figura 5), com uma área de 2761 km<sup>2</sup>. É também um dos distritos com maior densidade populacional, em especial nos concelhos da parte sul (Figura 6). O distrito tem actualmente, nos seus 16 municípios, cerca de dois milhões de habitantes que constituem mais de 1/5 da população nacional.



**Figura 4. Limites concelhios do distrito de Lisboa**

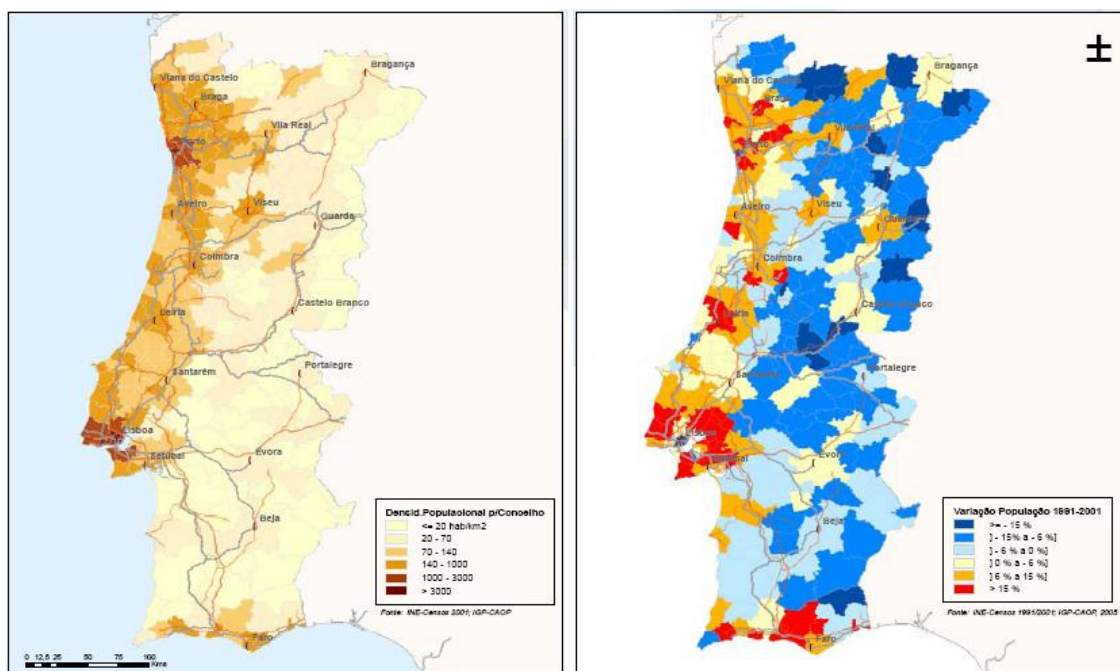
Fonte: ANMP



**Figura 5. Limites distritais de Portugal Continental**

Fonte: ANMP

O crescimento da população neste distrito durante as últimas décadas associado à migração da população do interior do país foi extremamente elevado, especialmente nos concelhos mais próximos de Lisboa, também conhecidos por “concelhos satélite”. Na variação populacional em Portugal Continental no período de 1991 a 2001 confirma-se precisamente este elevado crescimento (Figura 7).



**Figura 6. Densidade populacional (2001)    Figura 7. Variação populacional (1991 a 2001)**  
Fonte :ANMP

Fonte: ANMP

Os municípios do distrito de Lisboa possuem dos melhores indicadores sociais em Portugal Continental (MCOTA, 2004). Nas últimas décadas, em Portugal Continental, os acessos à saúde numa escala municipal variaram de forma directa com a urbanização/litoralização (Santana *et al.*, 2004). Verifica-se que das várias unidades hospitalares (públicas e privadas), o distrito de Lisboa possui quase 1/3 das existentes

no território do continente: 59 das 189 unidades hospitalares de Portugal Continental (INE, 2007). Com tão bons indicadores e uma representatividade populacional tão elevada considera-se que o distrito de Lisboa constitui uma boa área de investigação para o tipo de fenómeno que se pretende estudar.

## **4.2 Variação interanual e mensal**

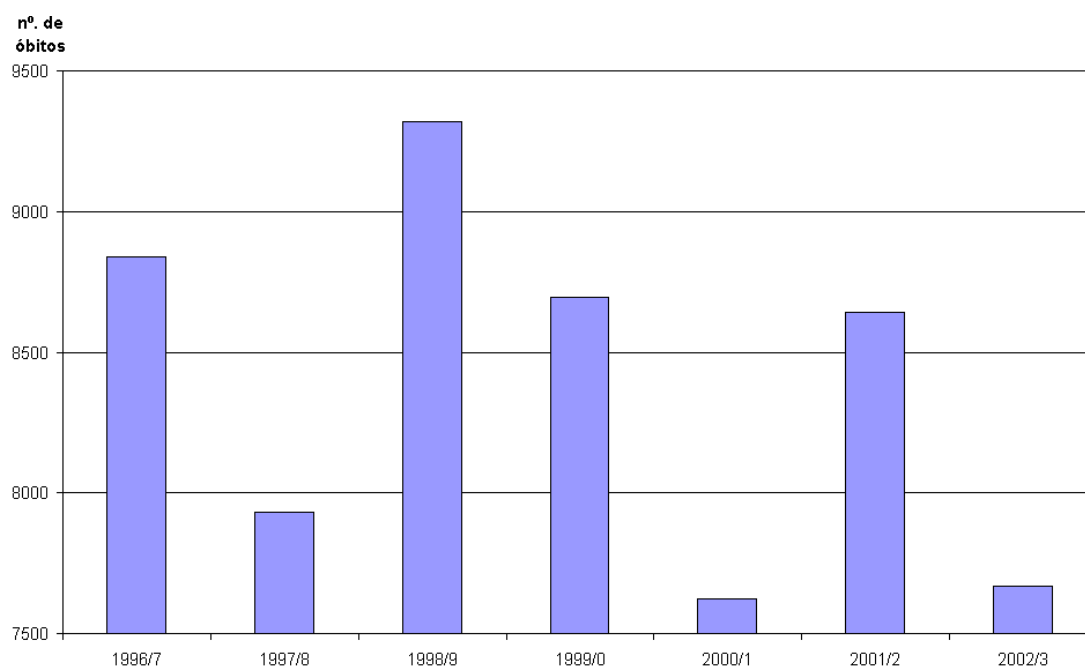
Verificou-se no capítulo anterior que a mortalidade a nível nacional é acrescida durante o Inverno. Não é possível verificar a sazonalidade do número de óbitos no distrito de Lisboa, porque os dados da mortalidade nesta escala só foram disponibilizados para os meses de Inverno (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março). Contudo, é bastante expectável que a esta escala espacial o ritmo mensal da mortalidade seja semelhante ao verificado a nível nacional.

Comparando a média da mortalidade de cinco Invernos<sup>11</sup>, verifica-se que a mortalidade no distrito de Lisboa corresponde a 1/5 (20,1%), da média dos óbitos nacionais. A proporcionalidade entre a mortalidade Invernal do distrito e a nacional é muito idêntica à existente entre estas duas áreas geográficas, para a população total. Nos testes estatísticos realizados à mortalidade associada a cada uma destas duas áreas e para os mesmos Invernos (1996 a 2001), verifica-se que o coeficiente de correlação da variação linear é 0,99 e significativo ao nível de 0,01. Sendo a dispersão do número de óbitos ligeiramente superior no distrito de Lisboa com um coeficiente de variação da mortalidade nacional de 13,8% e da mortalidade distrital de 14,4%. Pode, portanto, assumir-se que a variação sazonal da mortalidade no distrito de Lisboa segue o mesmo padrão sazonal que a mortalidade anual.

Verifica-se que existe uma grande variabilidade interanual no número de óbitos de Inverno no distrito de Lisboa (Figura 8). Neste distrito o Inverno mais mortífero foi o de 1989/90 e o menos mortífero o de 2000/01, com uma diferença superior a 1500 óbitos. A variabilidade interanual na mortalidade distrital de Inverno foi muito idêntica à anteriormente identificada a nível nacional para a mesma altura do ano.

---

<sup>11</sup> Só foi possível comparar os Invernos com dados comuns da mortalidade nacional e distrital durante os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março (1996 a 2001).



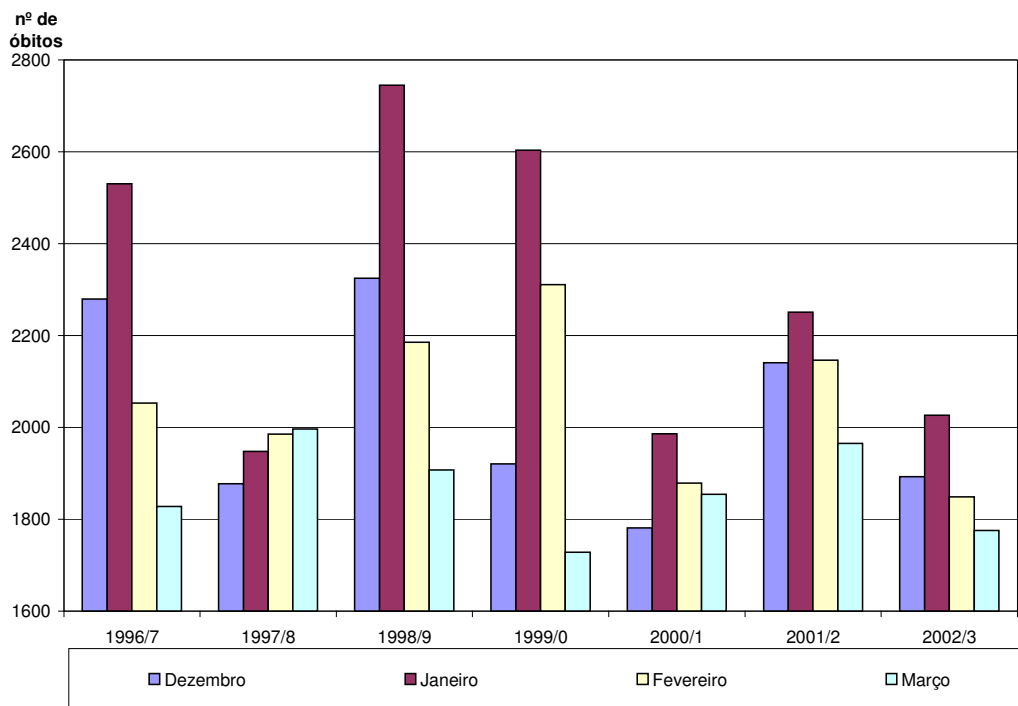
**Figura 8. Variabilidade interanual da mortalidade de Inverno do distrito de Lisboa**

O padrão da variação mensal do número de óbitos no distrito de Lisboa, representada na Figura 9, também foi muito semelhante ao padrão da variação durante os meses do Inverno da mortalidade nacional. O número mensal de óbitos no distrito aumentou sempre entre os meses de Dezembro a Janeiro, tal como ao nível nacional. O “pico” da mortalidade também parece ocorrer com elevada frequência durante o mês de Janeiro e o número de óbitos diminuir nos meses seguintes, até Março.

Nos diversos Invernos destacam-se os que registaram os picos mais elevados da mortalidade durante o mês de Janeiro os anos de 1997, 1999, 2000 e 2002, o facto de nestes Invernos o número de óbitos já ter sido elevado no mês anterior e de aumentar sempre entre os meses de Dezembro a Janeiro pode constituir uma explicação para estes valores tão elevados no período de Inverno.

O Inverno de 1997/1998 é o único que não obedece ao padrão normal de variação da mortalidade. O número de óbitos deste Inverno é dos mais baixos, em especial nos primeiros meses, apresentando uma variação crescente nos restantes meses, mas pouco acentuada. Em consequência, o número de óbitos foi o mais elevado de todos os meses de Março do período em análise. Tal como se verificou a nível nacional,

mostra-se também que a nível distrital, neste Inverno a mortalidade não é particularmente elevada.



**Figura 9. Variação mensal da mortalidade de Inverno do distrito de Lisboa**

### 4.3 Variação diária

Para analisar a variação diária da mortalidade é necessário retirar a sazonalidade inerente a estas séries de Inverno. Com esse fim procedeu-se à sua normalização<sup>12</sup>. Passa, assim, por subtracção do valor médio, a tratar-se de séries de média nula e a divisão pelo desvio padrão impede que determinados valores diários tenham um peso maior nas avaliações subsequentes do que outros. O número diário de óbitos dos mesmos meses é assim analisado através de uma função (Z), para uma distribuição normal reduzida (média  $\mu = 0$  e desvio padrão  $\sigma = 1$ ), chamado em estatística **z-score**.

Na mortalidade média diária para cada um dos meses de Inverno em estudo apresentada no Quadro 1, o mês de Janeiro destaca-se claramente pelo valor médio diário mais elevado e pela dispersão. O mês de Março possui características opostas: o valor médio diário da mortalidade é mais baixo e a dispersão é menor.

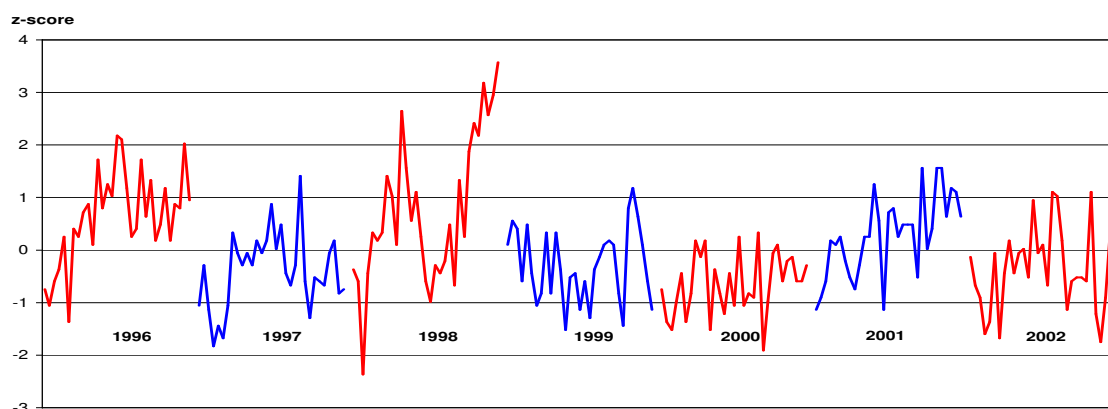
**Quadro 1. Estatística da mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa  
(1996 a 2003)**

	<b>Dezembro</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>
<b>Média diária</b>	<b>68</b>	<b>77</b>	<b>69</b>	<b>62</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>9</b>
<b>Coefficiente de variação</b>	<b>19 %</b>	<b>19 %</b>	<b>17 %</b>	<b>15 %</b>

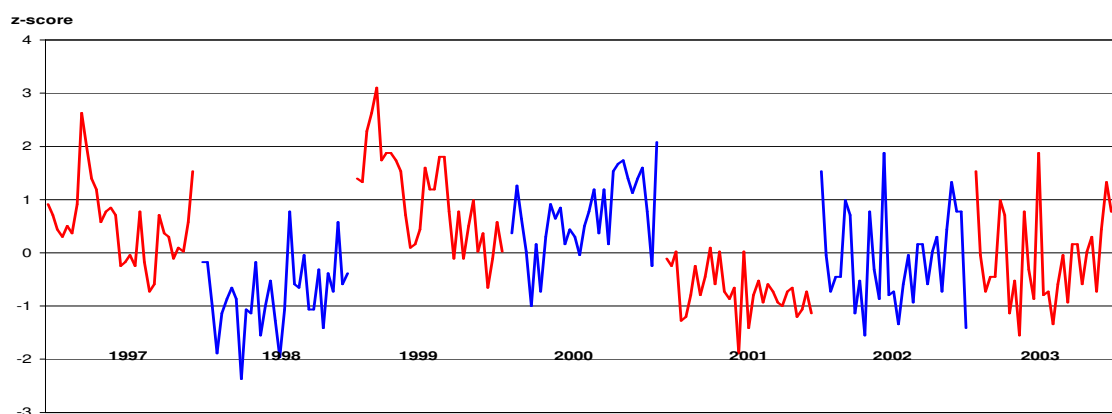
A variabilidade dos *z-score* diários da mortalidade no distrito de Lisboa durante os meses dos sete Invernos é elevada (Figuras 10, 11, 12 e 13), mas é possível identificar alguns dias com características bastante diferenciadas. Repare-se que a

<sup>12</sup>  $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$

variação dos  $z$ -score diários da mortalidade ao longo dos meses está essencialmente compreendida entre  $Z > -2$  e  $Z < 2$ ; de acordo com a função da distribuição normal este intervalo corresponde a 95% da frequência da mortalidade diária do distrito de Lisboa. Os  $z$ -score diários  $|Z| > 2$  indicam desvios elevados da mortalidade para cada um dos meses, consoante aumento ou diminuição do número de óbitos diário. Os  $z$ -score positivos constituem “picos” do número de óbitos diários para os diferentes meses de Inverno. No entanto, estes “picos” acentuados da mortalidade diária não se prolongam durante muitos dias.

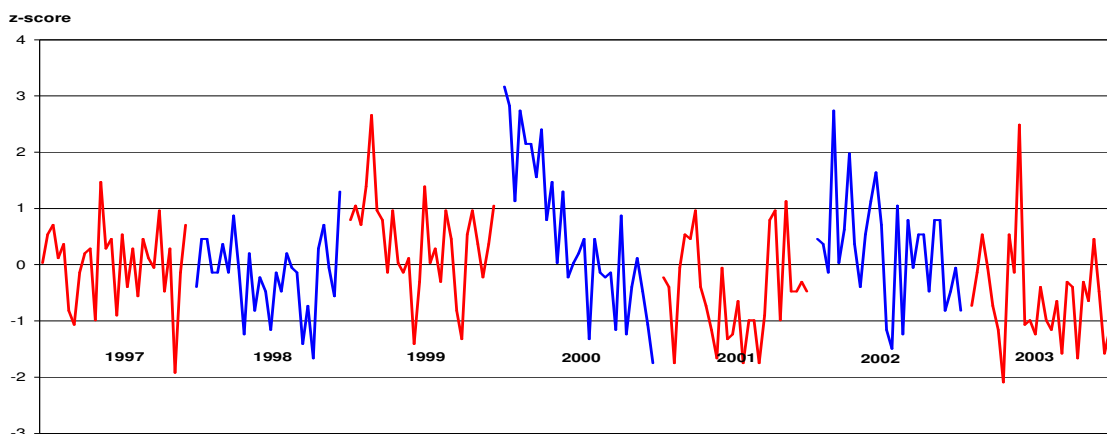


**Figura 10. Variação da mortalidade diária de Dezembro no distrito de Lisboa**

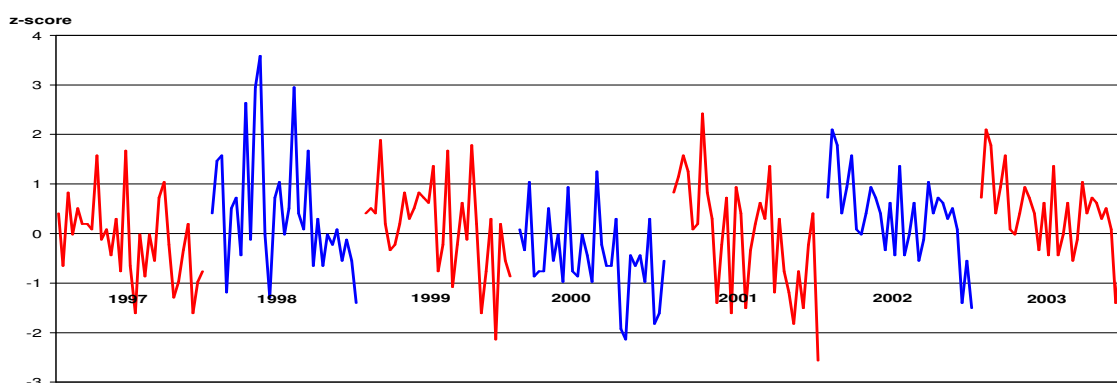


**Figura 11. Variação da mortalidade diária de Janeiro no distrito de Lisboa**





**Figura 12. Variação da mortalidade diária de Fevereiro no distrito de Lisboa**



**Figura 13. Variação da mortalidade diária de Março no distrito de Lisboa**

Nos meses de Dezembro, os anos de 1996 e 1998 foram os que apresentaram uma variabilidade mais acentuada (Figura 10). Foi durante estes meses que a mortalidade diária mais se afastou, de forma positiva, do seu número médio diário (68 óbitos/dia). Nestes dois meses ocorreram três momentos com  $Z > 2$ , sendo os dois de 1998 os mais gravosos.

Durante os meses de Janeiro, foram os anos de 1997, 1999 e 2000 os que apresentam os  $z$ -score mais elevados da mortalidade diária, como se apresenta na Figura 11. Repare-se que os  $z$ -score diários destes anos são com elevada frequência positivos, sendo os valores da mortalidade diária destes meses quase sempre superiores à média diária no distrito de Lisboa (77 óbitos/dia). Os meses de Janeiro de 1997 e 1999 são os que melhor evidenciam os “picos” da mortalidade ( $Z > 2$ ), possuindo o ano de 1999 os maiores desvios em relação à média diária.

Durante os meses de Fevereiro (Figura 12) embora surjam “picos” de mortalidade nos anos de 1999, 2000, 2002 e 2003, a média diária e a dispersão são inferiores às dos meses anteriores (69 óbitos/dia e coeficiente de variação 0,17), pelo que o número de óbitos destes “picos” da mortalidade ( $Z > 2$ ) representa um número inferior de mortes aos dos meses de Dezembro e Janeiro.

Nos meses de Março também surgem “picos” de mortalidade nos anos de 1998, 2001, 2002 e 2003 (Figura 13). Mas, como se mostrou anteriormente no Quadro 1 confirma-se que este é o mês com menor dispersão dos *z-score*.

## 4.4 Diferenciação semanal

Mostrou-se anteriormente que a mortalidade no distrito de Lisboa revela uma variabilidade muito grande de dia para dia em todos os meses de Inverno. Procura-se agora determinar se existe alguma diferenciação na mortalidade geral entre os vários dias da semana. Para esse efeito foram formados os seguintes grupos de dias:

- Grupo A – mortalidade nos dias de semana (úteis)
- Grupo B – mortalidade nos fins-de-semana e feriados
- Grupo C – mortalidade nos dias de semana (úteis excepto as segundas-feiras)
- Grupo D – mortalidade nos dias fins-de-semana, feriados e segundas-feiras
- Grupo E – mortalidade nos dias de semana (úteis excepto as sextas-feiras)
- Grupo F – mortalidade nos dias fins-de-semana, feriado e sextas-feiras

As diferenças entre os diferentes grupos foram testadas dois a dois ( $A:B$ ,  $C:D$ ,  $E:F$ ). O método utilizado para avaliar a diferenciação dos grupos foi o teste de análise de variância simples (ANOVA – Wilks, 1995).

A estatística do teste  $F$  é dada por:

$$F = \frac{MQ_E}{MQ_D}$$

sendo  $MQ_E$  a variância entre grupos (soma dos desvios quadráticos) e  $MQ_D$  variância interna dos grupos (erro ou resíduo quadrático médio). Quanto maior for a estatística do teste  $F$  maior é o ajuste à regressão (valor alto de  $MQ_E$  e valor baixo  $MQ_D$ ).

A hipótese nula,  $H_0$ , a testar é a inexistência de diferença estatística significativa entre os grupos ( $H_0: A=B; C=D; E=F$ ). O teste determina ainda o nível de significância para cada uma das análises de variância simples num intervalo de confiança probabilístico ( $p < 0,05$ ). Conjuntamente com a estatística do Teste ANOVA são apresentadas as características amostrais de cada grupo (médias, desvios padrão, variância e coeficiente de variação).

De acordo com a ANOVA, as diferenças entre os diversos grupos não se revelaram significativas (Quadros 2, 3, 4 e 5), excepto quando foi considerada a diferença entre os grupos *E* e *F* e apenas durante o mês de Dezembro; mesmo neste caso, o grau de significância situa-se no limiar ( $p = 0,05$ ). Verifica-se neste caso em que a estatística do teste é significativa que a mortalidade média é superior nos dias úteis (excluindo a 6<sup>a</sup> feira) à dos fins-de-semana, feriados e 6<sup>a</sup> feira.

Estes resultados não confirmam, assim, as ideias correntes sobre variação semanal da mortalidade (mortalidade significativamente mais elevada aos fins de semana e feriados), o que se poderá justificar por aqui ser considerada a mortalidade total; é possível que se fosse considerada a mortalidade por grupos etários ou por causa de morte o resultado fosse diferente. Mas, considerando a análise que está a ser feita, conclui-se que a mortalidade não é significativamente afectada pelo dia da semana.

**Quadro 2. Análise de Variância entre grupos dos meses de Dezembro (1996 a 2002)**

Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
A	68	177	13	0.20		
B	67	151	12	0.18		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	78	1	78.4	<b>0.47</b>	<b>0.50</b>	<b>3.89</b>
Dentro de grupos	36167	215	168.2			
Total	36246	216				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
C	67	173	13	0.20		
D	68	163	13	0.19		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	133	1	133.0	<b>0.79</b>	<b>0.37</b>	<b>3.89</b>
Dentro de grupos	36113	215	168.0			
Total	36246	216				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
E	69	191	14	0.20		
F	66	141	12	0.18		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	657	1	657.1	<b>3.97</b>	<b>0.05</b>	<b>3.89</b>
Dentro de grupos	35588	215	165.5			
Total	36246	216				

**Quadro 4. Análise de Variância entre grupos dos meses de Janeiro (1997 a 2003)**

Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
A	76	224	15	0.20		
B	77	192	14	0.18		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	7	1	6.9	<b>0.0</b>	<b>0.9</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	46095	215	214.4			
Total	46101	216				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
C	75	218	15	0.20		
D	78	206	14	0.18		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	498	1	498.1	<b>2.3</b>	<b>0.1</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	45468	214	212.5			
Total	45966	215				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
E	77	227	15	0.2		
F	77	202	14	0.2		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	18	1	17.7	<b>0.1</b>	<b>0.8</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	45429	211	215.3			
Total	45446	212				

**Quadro 3. Análise de Variância entre grupos dos Meses de Fevereiro (1997 a 2003)**

Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
A	71	152	12	0.17		
B	70	113	11	0.15		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	17	1	16.5	<b>0.1</b>	<b>0.7</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	27283	195	139.9			
Total	27300	196				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
C	70	151	12	0.18		
D	71	127	11	0.16		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	78	1	77.8	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	27222	195	139.6			
Total	27300	196				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
E	71	146	12	0.17		
F	70	132	12	0.16		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	84	1	83.8	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	27216	195	139.6			
Total	27300	196				

**Quadro 5. Análise de Variância entre grupos dos meses de Março (1997 a 2003).**

Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
A	62	86	9	0.15		
B	62	97	10	0.16		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	3	1	2.9	<b>0.0</b>	<b>0.9</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	19180	215	89.2			
Total	19183	216				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
C	63	94	10	0.16		
D	62	83	9	0.15		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	30	1	30.2	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	19153	215	89.1			
Total	19183	216				
Grupos	Média	Variância	D.Padrão	Coef. Var.		
E	62	96	10	0.16		
F	62	81	9	0.15		
Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	24	1	24.3	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>	<b>3.9</b>
Dentro de grupos	19158	215	89.1			
Total	19183	216				

#### **4.5 Diferenciação entre géneros (homens e mulheres)**

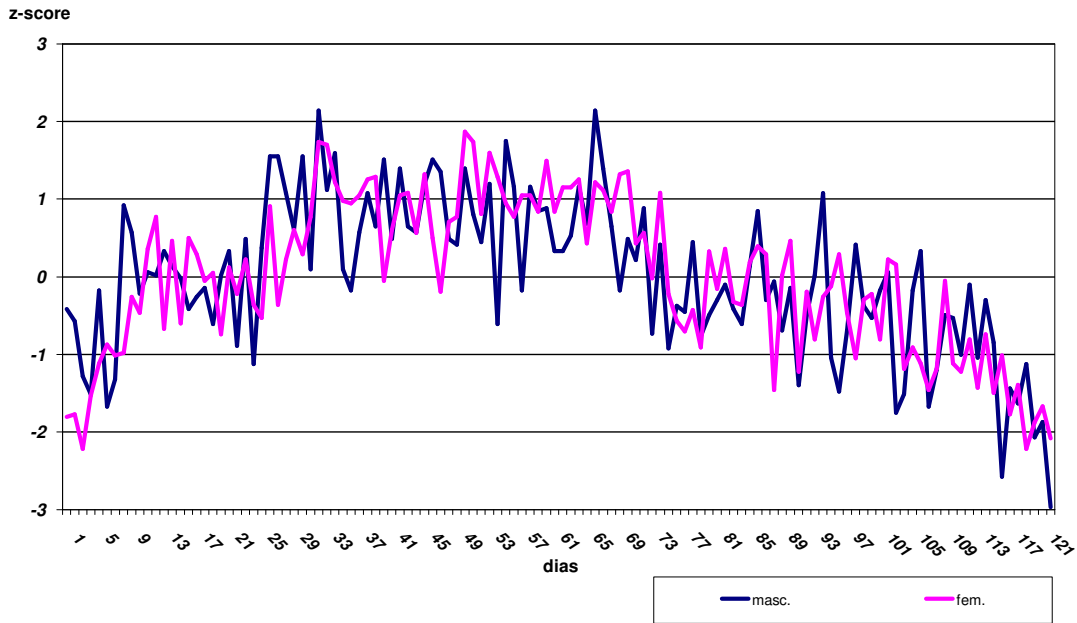
Assim, procurou identificar-se a existência de diferenças entre sexos, relativamente à mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa. Esta análise foi efectuada calculando a média diária do número de óbitos dos sete Invernos de 1996 a 2003 para cada género (homens e mulheres).

No Quadro 6 caracteriza-se a estatística amostral inerentes aos dois géneros. Durante o Inverno no distrito de Lisboa a mortalidade média diária entre os homens foi sempre superior à das mulheres. No entanto, entre as mulheres nesta altura do ano a mortalidade revela uma dispersão maior que a dos homens.

**Quadro 6. Medidas estatísticas da mortalidade de Inverno no distrito de Lisboa por género (1996 a 2003).**

<b>Grupos</b>	<b>Total médio de Inverno</b>	<b>Média Diária</b>	<b>Variância</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Coefficiente de Variação</b>
<b>Masculino</b>	<b>4250</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>3,6</b>	<b>10,25</b>
<b>Feminino</b>	<b>4128</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>4,1</b>	<b>12,02</b>

Para comparar a variação da mortalidade média diária dos dois géneros recorreu-se à normalização das séries, apresentando-se uma sequência dos dias referentes aos meses de Inverno na Figura 14. A variação dos *z-score* dos dois géneros ao longo dos vários dias do Inverno é muito semelhante e ambos são concordantes com a variação da mortalidade geral para esta altura do ano: os *z-score* de ambos os géneros aumentam durante o mês de Dezembro, em Janeiro são registados os valores mais elevados, diminuindo ao longo dos meses seguintes. No entanto, a variabilidade dos *z-score* da mortalidade diária dos homens e das mulheres durante os sete Invernos é muitas vezes distinta. Destacam-se na variabilidade dos *z-score* diários vários picos nos dois géneros, mas na maioria das vezes estes picos não são coincidentes temporalmente.



**Figura 14. Variação da mortalidade diária de Inverno por géneros**

Adoptando a escala mensal da mortalidade foi utilizado o Teste do Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) para verificar a relação estatística entre os dois géneros. O teste permite avaliar a probabilidade das diferenças encontradas na mortalidade dos dois géneros serem devidas ao acaso durante os sete Invernos (Quadro 7). A  $H_0$  a considerar é a inexistência de diferenças na mortalidade mensal entre homens e mulheres. A estatística do teste ( $\chi^2$ ) é dada por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_h - m_m)^2}{m_h}$$

em que  $m_h$  é a mortalidade associada ao género dos homens e  $m_m$  ao género das mulheres.

A estatística do Teste do Qui-Quadrado é 12,896, o que permite rejeitar a  $H_0$  e considerar que a mortalidade mensal entre os dois sexos é significativamente diferente

( $p = 0,0049$ ). Note-se, contudo que, enquanto em Dezembro e Março a mortalidade feminina está abaixo do esperado e a mortalidade masculina acima, em Janeiro e Fevereiro ocorre o contrário.

**Quadro 7. Matriz de cálculo para o Teste do Qui-Quadrado**  
**(mortalidade de Inverno 1996 a 2003)**

	Homens	Mulheres	Total
<b>Dezembro</b>	<b>7588</b>	<b>7112</b>	<b>14700</b>
<b>Janeiro</b>	<b>8253</b>	<b>8302</b>	<b>16555</b>
<b>Fevereiro</b>	<b>6972</b>	<b>6909</b>	<b>13881</b>
<b>Março</b>	<b>6916</b>	<b>6566</b>	<b>13482</b>
<b>Total</b>	<b>29729</b>	<b>28889</b>	<b>58618</b>



## **4.6 Conclusão dos capítulos 3 e 4**

A mortalidade em Portugal tanto à escala nacional como distrital (Lisboa) caracteriza-se pela sazonalidade e pela variabilidade interanual. Os meses em que o número de óbitos é maior são: Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, que passam nesta tese a ser designados por Inverno. Em ambas as escalas espaciais é durante o mês de Janeiro que, em média, o número de óbitos é mais elevado.

O distrito de Lisboa, que é o espaço de estudo desta tese, possui dos melhores acessos aos cuidados de saúde, mas verificou-se que a variação da mortalidade neste distrito não difere muito da mortalidade de Inverno nacional. O coeficiente de correlação linear entre estas mortalidades é positivo e muito forte ( $R = 0,99$ ,  $p < 0,01$ ).

Durante o Inverno, no distrito de Lisboa, verificou-se que existem dias com mortalidade extremamente elevada, nomeadamente durante o mês de Janeiro.

Concluiu-se que a mortalidade geral deste distrito apresenta uma grande variabilidade diária nesta altura do ano, mas não é significativamente afectada pelo dia da semana.

Verificou-se finalmente a existência de diferenças da mortalidade por género (homens e mulheres) durante os sete Invernos. A mortalidade média dos homens é claramente superior, mas a mortalidade das mulheres apresenta maior dispersão.



## **Capítulo 5**

### **O clima da Região de Lisboa**

#### **5.1 Aspectos gerais das condições climáticas de Inverno**

O clima pode ser definido como um conjunto de estatísticas tais como a média, a variância e outros momentos centrados de ordem mais elevada e, ainda, os extremos, de elementos observacionais que caracterizam o estado da atmosfera, bem como as estatísticas de outros elementos considerados relevantes para a caracterização dos sistemas adjuntos, nomeadamente a Hidrosfera, a Criosfera, a Litosfera e a Biosfera (Peixoto e Oort, 1992).

Entre os diversos elementos climáticos, a temperatura do ar e a precipitação são os mais utilizados para descrever o clima, sendo também os que mais influenciam todos os processos biológicos e, conseqüentemente, todas as actividades humanas (Sacarrão 1981; Peixoto, 1987).

Neste capítulo pretendem identificar-se alguns aspectos que permitam comparar o clima médio de Inverno com os Invernos em estudo, na EML/GC.

Foi elaborada uma análise termo-pluviométrica do clima da Região de Lisboa a partir dos dados da EML/GC (Quadro 8), para os quatro meses que são objecto de estudo: Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março. Essencialmente, é durante estes meses que nesta estação meteorológica se registam as temperaturas do ar<sup>13</sup> à superfície mais baixas (médias e extremas). Nas probabilidades térmicas, propostas para a Região de Lisboa, por Alcoforado (1987), com base na análise das temperaturas registadas no Instituto Geofísico D. Luís, em Lisboa, entre 1856 e 1980, é indicada uma probabilidade

---

<sup>13</sup> A temperatura do ar nas estações meteorológicas é registada a 1,5 m de altura.

de 50 % de a temperatura mínima se situar abaixo de 5 °C, entre o dia 11 de Dezembro e o dia 21 de Fevereiro.

**Quadro 8. Elementos termo-pluviométricos mensais da EML/GC  
(1982/2000)**

	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)				
	Mínima	Máxima	Média	Média	Número Médio de dias			
					(≥0,1 mm)	(≥1,0 mm)	(≥10,0 mm)	Dias sem precip.
<b>Setembro</b>	17,1	26,7	21,9	30,6	6,7	3,4	0,9	23,3
<b>Outubro</b>	14,1	22,1	18,1	86,0	11,9	7,8	2,5	19,1
<b>Novembro</b>	11,2	17,5	14,4	135,8	14,7	10,4	4,3	15,3
<b>Dezembro*</b>	8,9	14,8	11,8	127,3	15,9	11,5	4,5	15,1
<b>Janeiro*</b>	7,1	14,0	10,5	97,7	13,8	9,8	3,4	17,2
<b>Fevereiro*</b>	8,4	15,4	11,9	82,3	12,4	8,8	2,8	15,6
<b>Março*</b>	10,0	18,5	14,3	36,1	8,3	4,5	0,8	22,7
<b>Abril</b>	11,1	19,0	15,0	68,7	14,3	8,4	2,3	15,7
<b>Maió</b>	13,2	21,5	17,4	64,4	10,7	6,9	2,3	20,3
<b>Junho</b>	15,8	25,3	20,5	14,1	5,4	2,2	0,3	24,6
<b>Julho</b>	17,7	28,1	22,9	6,0	2,8	0,6	0,2	28,2
<b>Agosto</b>	18,0	28,3	23,2	5,1	2,9	0,9	0,1	28,1

\*Meses estudados

Fonte : I.M.,I. P.

A precipitação em Portugal é um dos elementos meteorológicos de maior variabilidade (Bettencourt, 1975) e no ano existem duas épocas com características pluviométricas distintas. A estação chuvosa inicia-se em Novembro e estende-se até

Março, sendo Setembro e Outubro meses de “transição” após a época estival (Ramos, 1985). Nos elementos meteorológicos com elevada variabilidade, como é o caso da precipitação, os valores da média são “pobres” indicadores, pois diferem com frequência e de forma significativa do observado pontualmente. Um bom exemplo é o mês de Dezembro, pois, não sendo o mês com a média de precipitação mais alta, possui o número médio de dias mais elevado para as quantidades de precipitação em análise.

A partir de todos os valores médios mensais, dos quatro meses em estudo, da EML/GC de 1982 a 2000, foram calculados os valores médios, termo-pluviométricos, para um Inverno tipo, que se passa a designar “**Inverno Típico**”. Consideram-se estes valores neste estudo, representativos de um Inverno médio no que diz respeito à temperatura do ar à superfície e da precipitação para a Região de Lisboa (Quadro 9). Os valores calculados para um “**Inverno Típico**” servem para comparar com os sete Invernos em estudo de 1996 a 2003.

**Quadro 9. Inverno Típico<sup>14</sup>**

Temperatura média(°C)			Precipitação (mm)				
Mínima	Máxima	Média	Total	Dias sem precip.	Dias (≥ 0,1 mm)	Dias (≥ 1,0 mm)	Dias (≥ 10,0 mm)
8,6	15,7	12,1	343,4	70,6	50,4	34,6	11,5

<sup>14</sup> Para a Região de Lisboa (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março)

## 5.2 Análise interanual de Inverno

Na análise climatológica dos sete Invernos em estudo (1996 a 2003) é assinalável a variabilidade interanual (Quadro 10). A caracterização termo-pluviométrica destes Invernos foi efectuada a partir dos dados diários registados na EML/GC (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março).

**Quadro 10. Variabilidade interanual de Inverno na EML/GC  
(1996 a 2003)**

	Temperatura média (°C)			Precipitação (mm)				
	Mínima	Máxima	Média	Total	Dias sem precip.	Dias (≥0,1 mm)	Dias (≥1 mm)	Dias (≥10 mm)
<b>Inverno Típico</b>	<b>8,6</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>	<b>343,4</b>	<b>70,6</b>	<b>50,4</b>	<b>34,6</b>	<b>11,5</b>
1996/1997	10,1	17,6	13,9	414,1	78,0	43,0	34,0	15,0
1997/1998	10,1	17,0	13,6	269,9	76,0	45,0	35,0	13,0
1998/1999	7,9	15,5	11,7	208,4	86,0	35,0	24,0	7,0
1999/2000	9,0	16,1	12,6	107,8	90,0	32,0	21,0	2,0
2000/2001	10,9	16,0	13,5	726,3	41,0	80,0	64,0	29,0
2001/2002	9,1	15,8	12,5	240,2	83,0	38,0	26,0	8,0
2002/2003	9,9	15,8	12,9	428,1	66,0	55,0	43,0	19,0

Dos sete anos em estudo só um dos Invernos que apresenta uma temperatura média, máxima, mínima e média do ar inferior à do **Inverno Típico** (1998/1999). Todos os restantes Invernos apresentam desvios térmicos positivos, salientando-se os anos 1996/1997, 1997/1998 e 2000/2001, que foram os mais quentes.

As quantidades de precipitação ocorridas durante os sete Invernos apresentam uma variabilidade interanual elevada. Os Invernos mais chuvosos foram 1996/1997, 2000/2001 e 2002/2003; entre eles, destaca-se o ano de 2000/2001, que atingiu quase duas vezes a quantidade precipitação do **Inverno Típico** (343,4 mm)

A caracterização climática conjunta dos dois elementos meteorológicos (temperatura do ar à superfície e precipitação) para qualquer um dos Invernos é complexa. Mas, os Invernos mais quentes são os que possuem os valores mais elevados de precipitação (1996/1997, 1997/1998, 2000/2001 e 2002/2003) e os Invernos mais frios (1998/1999, 1999/2000 e 2001/2002) são também os menos chuvosos.

### 5.3 Análise mensal

Com o objectivo de se identificar a variabilidade climática a uma escala temporal mais curta procurou-se qualificar os meses destes sete Invernos (1996 a 2003). Assim, utilizou-se uma classificação baseada na probabilidade da ocorrência dos valores observados (Quadro 11), porque raramente os elementos climáticos apresentam uma distribuição normal (curva de *Gauss*).

Com esta classificação pretende-se atribuir designações qualitativas a todos os meses dos sete Invernos através dos intervalos inter-decis.

**Quadro 11. Classificação dos meses**

Intervalos inter-decis (ID)	Temperatura do ar	Precipitação
	Designação qualitativa	Designação qualitativa
$ID \leq 1$	Extremamente Frio (E.F.)	Extremamente Seco (E.S.)
$1 < ID \leq 2$	Muito Frio (M.F.)	Muito Seco (M.S.)
$2 < ID \leq 3$	Frio (F.)	Seco (S.)
$3 < ID \leq 7$	Normal (N.)	Normal (N.)
$7 < ID \leq 8$	Quente (Q.)	Chuvoso (C.)
$8 < ID \leq 9$	Muito Quente (M.Q.)	Muito Chuvoso (M.C.)
$9 < ID$	Extremamente Quente (E.Q.)	Extremamente Chuvoso (E.C.)

(baseado em Gibbs e Maher, 1967)

Para calcular os valores dos decis da temperatura do ar e da quantidade de precipitação de cada mês foram utilizados todas as temperaturas médias mensais e os totais mensais da quantidade de precipitação dos meses em estudo da EML/GC, entre 1982 e 2000 (Quadro 12).



**Quadro 12. Decis termo-pluviométricos da EML/GC (1982/2000)**

Decis	Temperatura (°C)				Precipitação (mm)			
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1	10,4	9,1	10,6	12,5	33,8	18,7	13,1	2,0
2	10,9	9,8	11,0	13,2	44,7	49,1	20,7	11,2
3	11,1	10,0	11,1	13,5	57,5	61,7	33,2	19,5
4	11,8	10,4	11,2	14,0	64,0	62,2	57,1	27,0
5	11,9	10,5	11,3	14,2	72,7	65,8	74,9	30,4
6	12,0	10,8	12,2	14,7	116,8	78,6	84,6	34,3
7	12,3	11,0	12,7	14,8	149,4	106,9	116,1	40,0
8	12,7	11,7	13,3	15,0	222,5	126,4	142,4	56,6
9	13,1	12,0	13,7	15,6	283,4	173,6	173,5	85,1
10	13,7	12,2	13,8	17,7	369,5	394,0	184,2	94,6

Os quatro meses de cada um dos Invernos em estudo foram classificados da forma indicada no Quadro 13. Em relação à temperatura média do ar verifica-se que praticamente todos os meses são *Normais* ou acima desta classificação. Num total de vinte e oito meses, só três deles (Dezembros de 1998, 2001 e Janeiro de 1999) se encontram nos primeiros decis da qualificação, sendo os meses mais frios dos sete Invernos. Mais de 60% dos meses estão acima do sétimo decil (*Quentes, Muito Quentes ou Extremamente Quentes*).

A classificação da precipitação mensal dos sete Invernos está muito mais distribuída, ou seja, sete meses foram *Normais*, onze meses acima desta qualificação e dez meses abaixo. A classificação mensal dos sete Invernos ilustra a variação interna existente em cada um deles.

No caso da temperatura do ar, verifica-se ainda que o Inverno mais frio (1998/1999) mensalmente só o é durante o mês de Dezembro, já que os restantes meses foram *Normais*. Durante os sete Invernos só existem mais dois meses qualificados como *Muito Frio* ou *Extremamente Frio*, respectivamente Janeiro de 2000 e Dezembro de 2001. Salienta-se que estes dois meses também pertencem aos Invernos mais frios dos

sete anos em estudo (1999/2000 e 2001/2002). Mensalmente, foi suficiente a cada um destes Invernos possuir um mês com qualificação inferior ou igual ao terceiro decil para estar entre os mais frios dos sete anos.

**Quadro 13. Classificação mensal dos Invernos (1996 a 2003)**

	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Março	
	Temp.	Prec.	Temp.	Prec.	Temp.	Prec.	Temp.	Prec.
1996/1997	Q.	M.C.	Q.	M.C.	E.Q.	E.S.	E.Q.	E.S.
1997/1998	M.Q.	C.	E.Q.	N.	E.Q.	N.	E.Q.	N.
1998/1999	M.F.	S.	N.	C.	N.	E.S.	N.	M.C.
1999/2000	N.	S.	M.F.	E.S.	E.Q.	S.	M.Q.	S.
2000/2001	E.Q.	E.C.	E.Q.	E.C.	Q	N.	Q.	E.C.
2001/2002	E.F.	M.S.	E.Q.	N.	M.Q.	E.S.	N.	E.C.
2002/2003	E.Q.	N.	Q.	M.C.	N.	N.	N.	M.C.

A classificação anteriormente atribuída aos Invernos mais quentes (1996/1997, 1997/1998 e 2000/1) é confirmada nesta qualificação mensal. Todos os meses destes Invernos estão qualificados acima do sétimo decil (*Quentes, Muito Quentes e Extremamente Quentes*).

A classificação mensal da precipitação ao longo de cada um dos Invernos demonstra a enorme variabilidade deste elemento meteorológico ao longo desta estação do ano. Um bom exemplo parece ser o Inverno de 1996/1997, pois possui dois meses *Muito Chuvosos* (Dezembro e Janeiro) e os restantes *Extremamente Secos* (Fevereiro e Março).

Numa análise mensal conjunta das qualificações da temperatura e da precipitação, salienta-se o facto dos meses mais frios (Dezembros de 1998 e 2001 e

Janeiro de 2000) serem eles também qualificados de *Secos*, *Muito Secos* e *Extremamente Secos*.

## 5.4 Conclusão do capítulo 5

Para classificar os sete Invernos em estudo (1996 a 2003) foi utilizada uma série de dados termo-pluviométricos da EML/GC (1982 a 2000). A partir desta série de dados foi definido um **Inverno Típico** para os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março.

Com base na anterior definição verificou-se que os Invernos mais frios foram também os menos chuvosos na EML/GC (1998/1999, 1999/2000 e 2001/2002) e entre os anos mais quentes encontram-se as quantidades de precipitação mais elevadas (1996/1997, 2000/2001 e 2002/2003).

Para analisar a variabilidade climática a uma escala temporal mais curta procurou qualificar-se os meses destes sete Invernos (1996 a 2003). Utilizou-se uma classificação baseada na probabilidade da ocorrência dos valores observados. Esta classificação é qualitativa e utiliza os intervalos inter-decis. Num total de vinte e oito meses verificou-se que só três deles se encontram nos primeiros decis da qualificação (Dezembros de 1998, 2001 e Janeiro de 1999). Estes meses foram qualificados como *Muito Frio* ou *Extremamente Frio* e fazem parte dos Invernos mais frios.

## **Capítulo 6**

### **Relação entre a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa com vários elementos meteorológicos**

Neste capítulo determina-se se existem relações significativas entre o clima de Inverno no distrito de Lisboa e a mortalidade diária no mesmo período (1996 a 2003). Para efectuar este tipo de análise utilizam-se vários elementos meteorológicos (simples e compostos) da EML/GC. O objectivo desta análise é identificar quais os elementos meteorológicos que, de forma significativa ( $p < 0,05$ ) influenciam a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa.

Para atingir este objectivo analisam-se as correlações existentes para o mesmo dia e para desfasamentos com os dias seguintes. Assim, identifica-se se existe algum tipo de atraso da mortalidade diária no distrito de Lisboa para o Inverno em relação aos elementos meteorológicos diários observados e calculados ou compostos.

## 6.1 Métodos

Com o objectivo de analisar a relação entre diferentes elementos meteorológicos (variáveis  $\mathbf{X}_{1,2,3..}$ ) e a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa ( $\mathbf{Y}$ ), para diferentes graus de desfasamento temporal, foi utilizado o método das correlações cruzadas (von Storch e Zwiers, 1999) através dos procedimentos que se passam a descrever.

Como variáveis  $X$  foram considerados elementos climáticos simples (pressão atmosférica, temperatura do ar, humidade relativa, intensidade do vento, quantidade de nebulosidade e precipitação) e compostos; de entre estes, destaca-se o índice termofisiológico *PET*, obtido a partir dos valores de temperatura do ar, as respectivas tensões de vapor de água (hPa), a quantidade de nebulosidade e a intensidade do vento (m/s). Uma descrição mais detalhada da *PET* e a normalização dos dados serão apresentadas mais adiante.

O coeficiente de correlação linear é uma medida que indica o grau de relacionamento entre duas variáveis aleatórias ( $X,Y$ ) para desfasamento nulo ( $\tau = 0$ ).

Na detecção de relações desfasadas entre as variáveis aleatórias ( $X,Y$ ), com potencial de aplicabilidade em previsão, são utilizadas as funções de correlação cruzada. Este tipo de função, relaciona os principais modos de variação dos campos, pois mede o grau de relacionamento linear entre as variáveis aleatórias ( $X,Y$ ), para todos os desfasamentos ( $\tau = -N_R,...,0,...,N_R$ ).

Para dois processos  $X_{(t)}$  e  $Y_{(t)}$  de valor médio nulo a função de correlação é dada por:

$$\rho_{xy_\tau} = \frac{R_{xy_\tau}}{\sigma_x \sigma_y}$$

onde  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  representam os desvios padrão de  $X_{(\tau)}$  e  $Y_{(\tau)}$ , respectivamente e

$$R_{xy_\tau} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-\tau} x_t y_{t+\tau}$$

Sendo

$$\tau = -N_R, \dots, 0, \dots, N_R$$

com  $N_R \leq N - 1$ , necessariamente mas, em geral, não se ultrapassando o  $N_R \leq N / 4$ .

A significância das correlações deve ser testada para um determinado nível, usualmente 95%. Os intervalos de confiança devem ser calculados para cada desfasamento ( $\tau$ ).

No caso de duas séries de ruído branco (um processo diz-se que constitui ruído branco quando é formado por uma sucessão de variáveis aleatórias com a mesma distribuição, média constante e variância constante (Murteira *et al.*, 1993) não correlacionadas entre si ( $\rho_{xy_\tau} = 0$ ) a correlação cruzada tem distribuição

assintoticamente normal, sendo o desvio padrão dado por  $\sigma_\rho \approx \frac{1}{\sqrt{N}}$  (Brockel *et al.*, 1987) e os limites do intervalo de confiança de 95% do ruído branco são rectas paralelas ao eixo dos desfasamentos com ordenadas  $\pm \frac{2}{\sqrt{N}}$ . Bartlett ampliou este resultado para o caso de processos não correlacionados em que um deles é ruído branco (e.g. Murteira *et al.*, 1993) e onde os intervalos de confiança são dados por:

$$\sigma_\rho \approx \frac{1}{\sqrt{N - \tau}}.$$

A hipótese nula ( $H_0$ ) a testar é a inexistência de diferença estatística entre os dois processos  $X_{(t)}$  e  $Y_{(t)}$ , ou seja, se  $H_0$ :  $X_{(t)} = Y_{(t)}$ , para um intervalo de confiança de 95 % em cada desfasamento ( $\tau$ ).

A utilização da função de correlação cruzada (FCC) serve para medir o grau de relacionamento linear entre a mortalidade e os elementos climáticos, com diferentes desfasamentos temporais; ou seja, este procedimento permite identificar o atraso (em dias, cada  $\tau$  correspondendo a 1 dia) da mortalidade diária relativamente aos vários elementos climáticos. Neste caso, pretende encontrar-se o grau de relacionamento mais elevado entre os vários elementos climáticos e a mortalidade diária nos dias seguintes.

Para analisar as relações entre as variáveis  $\mathbf{X}_{1,2,3...}$  (elementos meteorológicos) e  $\mathbf{Y}$  (mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa), que dão entrada na FCC, foram efectuados os seguintes passos:

1. Inicialmente procedeu-se à normalização ( $\mathbf{Z}_i$ ) de todas das variáveis diárias  $\mathbf{X}_{1,2,3,...}$  e  $\mathbf{Y}$ , para cada um dos Invernos (1996 a 2003), de modo a que as novas séries das diversas variáveis fiquem com Média Nula ( $\mu = 0$ ) e Desvio Padrão =1 ( $\sigma = 1$ ). A normalização é obtida por:

$$Z_i = \frac{(\chi_i - \bar{\mu}_x)}{\sigma_x}$$

2. Foi aplicada a cada série anual normalizada ( $\mathbf{Z}_{ix1,2,3,...}$  e  $\mathbf{Z}_{iy}$ ) a FCC. Com este passo foram obtidas as correlações cruzadas invernais de cada ano (1996 a 2003) entre as diversas variáveis  $\mathbf{X}_{1,2,3,...}$  e  $\mathbf{Y}$ , para 15 desfasamentos.
3. Os resultados desta nova FCC são os estimadores de todas as FCC

$$\text{invernais } (\rho_{xy_\tau}), \text{ dados por } \hat{\rho}_{xy_\tau} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N \rho_{xy_\tau} \quad \text{para cada um}$$

dos quinze desfasamentos ( $\tau = 15$ ). Que neste caso, é o quociente do



somatório das funções de correlação anual de cada uma das variáveis ( $X_{1,2,3,...}, Y$ ) pelo número total de Invernos utilizados (1996 a 2003).

4. Apenas foram estimados na FCC os desfasamentos positivos ( $\tau = 0, 1, 2, 3, ..., 15$ ), pois as relações da mortalidade diária a existirem são consequência da ocorrência dos valores dos elementos meteorológicos. São calculados os intervalos de confiança para todos os desfasamentos para um nível de significância ( $p < 0,05$ ).

## **6.2 Análise dos resultados**

Apresenta-se uma matriz das FCC (Quadro 14) obtida entre os diversos elementos meteorológicos e a mortalidade diária de todos os Invernos estudados (1996 a 2003), para 15 desfasamentos. Estão representados a negrito os graus de relacionamento desfasados estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ). A  $H_0$  a considerar é a inexistência de relação significativa entre a mortalidade diária de Inverno e os elementos meteorológicos.

A maioria dos elementos meteorológicos possui correlações muito fracas, não se verificando qualquer associação estatística com a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa. Os elementos meteorológicos que apresentam relacionamentos mais fortes e estatisticamente significativos, para algum desfasamento são: os elementos térmicos diários (temperatura; máxima, mínima e média), o índice termofisiológico (*PET*) e a humidade relativa (HR). Os valores da FCC mais elevados foram obtidos com a *PET*. A HR só é estatisticamente significativa para desfasamento nulo ( $\tau = 0$ ) e o grau de relacionamento baixa consideravelmente ao longo dos desfasamentos seguintes ( $\tau \geq 1$ ). Pode-se interpretar esta relação significativa da HR com a mortalidade como um resultado da forte redundância entre HR e temperatura do ar (Díaz *et al.*, 2005).

A variação existente ao longo da FCC evidencia um tipo de relacionamento desfasado entre a mortalidade diária de Inverno e os elementos térmicos e a *PET*. Obtendo-se os graus mais fortes no relacionamento para  $\tau \neq 0$ . É portanto possível definir o atraso (dias) da mortalidade diária de Inverno no Distrito de Lisboa, relativamente aos elementos meteorológicos que a condicionam.

Os resultados dados na matriz de FCC orientam a análise para os capítulos seguintes, portanto a analisar com maior pormenor as relações da mortalidade com a temperatura do ar e a *PET*.

**Quadro 14. Matriz de correlação cruzada entre os elementos meteorológicos e a mortalidade diária do distrito de Lisboa (1996 a 2003)**

Desf (dias)	Vento (m/s)	HR (%)	PREC (mm)	NEB	A. Max (°C)	A. Min (°C)	A. Med (°C)	Pa (hPa)	A.Pa (hPa)	DTR (°C)	Temp. min. (°C)	Temp. max. (°C)	Temp. med. (°C)	PET min.	PET max.	PET med.
0	0,04	<b>0,21</b>	0,09	0,11	0,02	0,09	0,07	0,04	-0,01	-0,15	-0,11	-0,16	-0,14	<b>-0,20</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,23</b>
1	-0,04	0,15	0,09	0,07	0,12	0,12	0,14	0,04	-0,02	-0,09	-0,17	<b>-0,18</b>	<b>-0,18</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,24</b>
2	-0,03	0,15	0,04	0,05	0,07	0,04	0,07	0,05	0,05	-0,07	<b>-0,27</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,28</b>	<b>-0,33</b>
3	-0,04	0,11	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	-0,10	<b>-0,30</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,36</b>
4	-0,01	0,06	0,07	0,00	0,03	-0,02	0,01	0,01	0,03	-0,09	<b>-0,31</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,38</b>
5	0,04	0,09	0,12	0,00	-0,01	0,01	0,00	-0,02	0,03	-0,13	<b>-0,30</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,40</b>
6	0,02	0,10	0,05	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,04	0,00	-0,13	<b>-0,33</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,38</b>
7	-0,01	0,09	0,04	0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	0,01	-0,12	<b>-0,32</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,36</b>
8	-0,02	0,07	0,06	0,00	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,01	-0,13	<b>-0,30</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,36</b>	<b>-0,33</b>
9	0,00	0,07	0,04	0,00	0,00	-0,02	-0,01	-0,04	0,02	-0,13	<b>-0,27</b>	<b>-0,28</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,31</b>
10	-0,02	0,08	0,04	0,01	-0,07	-0,04	-0,07	-0,03	-0,01	-0,13	<b>-0,26</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,31</b>
11	-0,03	0,08	0,02	-0,01	-0,03	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	-0,13	<b>-0,23</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,26</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,27</b>
12	-0,03	0,08	0,03	-0,01	-0,04	-0,02	-0,04	-0,05	-0,04	-0,13	<b>-0,21</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,26</b>	<b>-0,25</b>
13	0,00	0,08	0,01	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,02	0,04	-0,11	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,26</b>	<b>-0,22</b>
14	0,02	0,06	0,06	0,00	0,00	-0,05	-0,03	-0,06	-0,06	-0,13	-0,17	-0,18	<b>-0,19</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,20</b>
15	0,02	0,10	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,01	-0,13	-0,13	-0,18	<b>-0,17</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,20</b>

Legenda	
Desf.	Atraso em dias
Vento	Intensidade média diária
HR	Humidade Relativa média diária
PREC.	Precipitação diária
NEB.	Nebulosidade média diária (oitavos)
A.Max	Amplitude interdiurna da Tmax.
A.Min	Amplitude interdiurna da Tmin.
A.Med	Amplitude interdiurna da Tmed.
Pa	Pressão média diária (nmm)
A.Pa	Amplitude interdiurna de Pa
DTR	Amplitude térmica diária (Tmax-Tmin)
Temp. min.	Temperatura mínima do ar
Temp. max.	Temperatura máxima do ar
Temp. med.	Temperatura média do ar
PET min.	Physiological Equivalent Temperature mínima
PET max.	Physiological Equivalent Temperature máxima
PET med.	Physiological Equivalent Temperature média
Apresentam-se as correlações significativas (p<0,05) e a negrito.	



## Capítulo 7

### **Relação da mortalidade diária de Inverno do distrito de Lisboa com a temperatura do ar**

Neste capítulo são analisadas as relações entre temperatura do ar e a mortalidade de Inverno (1996 a 2003). Como a temperatura do ar à superfície é um elemento meteorológico que vulgarmente mais é associado ao frio nesta altura do ano, é-lhe dado particular destaque. Note-se que, embora as correlações da mortalidade com o *PET* sejam mais fortes, é importante compreender bem a relação com a temperatura, separadamente, porque as variáveis necessárias para o cálculo do *PET* nem sempre estão disponíveis<sup>15</sup>. Para prosseguir esta análise foram utilizados dois processos:

1. É analisada a mortalidade diária em função das temperaturas do ar (máxima, média e mínima) do próprio dia. Procura identificar-se os valores das várias temperaturas do ar que correspondem aos números médios de óbitos mais baixos e o limiar térmico abaixo dessas temperaturas a partir do qual a mortalidade diária de Inverno neste distrito aumenta. Estas análises são feitas para a mortalidade geral e para ambos os géneros.
2. É retomada a análise da FCC para a temperatura do ar, apresentada no Quadro 14, onde se pretende aprofundar o estudo do atraso da mortalidade geral com este elemento meteorológico e identificar as diferenças, se é que existem entre géneros.

---

<sup>15</sup> Um dos elementos para o cálculo da *PET* é a radiação solar em sua substituição pode-se recorrer à nebulosidade.

## **7.1 Métodos**

Pretende identificar-se as relações entre o número diário de óbitos deste distrito e a temperatura do ar (máxima, média e mínima), a partir de vários tipos de análise da mortalidade do distrito para a população total e por género.

Para efectuar este tipo de análise foi calculado o número médio diário de mortes do distrito, a partir de todos os óbitos diários de Inverno no período de 1996 a 2003 do modo seguinte:

1. Os óbitos diários foram agrupados por classes de temperatura do ar com intervalos constantes (I.C.)<sup>16</sup>, arredondado para o grau inteiro. Essa classificação foi feita, separadamente, para as temperaturas máximas, médias e mínimas.
2. Os valores de mortalidade que se apresentam correspondem à média do número diário de óbitos associado a cada I.C., para a temperatura máxima, média e mínima. Foi aplicado este mesmo procedimento na mortalidade total e por género.
3. A análise da relação entre os valores de temperatura e a mortalidade foi feita recorrendo à regressão linear simples.

---

<sup>16</sup> Os I.C. variam entre -0,5°C e +0,4°C, para cada grau inteiro.

## **7.2 Análise dos resultados**

A mortalidade média diária no distrito de Lisboa tem uma relação inversa com a temperatura do ar (Figuras 15, 16 e 17). O número médio diário de óbitos aumenta à medida que a temperatura do ar (máxima, média e mínima) diminui. Para temperaturas do ar mais baixas, o número médio de óbitos afasta-se da recta de regressão linear, porque estas temperaturas são pouco frequentes e por isso deve ser analisado com alguma precaução. Dão-se como exemplos as mortalidades médias para a classe de temperatura média do ar de 5° C (Figura 16) e para a temperatura máxima de 8 °C (Figura 15).

Nas temperaturas do ar mais elevadas o número médio de óbitos torna a aumentar. Verifica-se uma inversão na tendência da mortalidade média diária na temperatura máxima do ar ( $\geq 25$  °C), na média ( $\geq 21$  °C) e na mínima ( $\geq 13$  °C). Mas, os valores máximos da mortalidade média para estas temperaturas mais elevadas são sempre inferiores à mortalidade média diária das temperaturas mais baixas.

Os valores mais baixos da mortalidade média diária durante o Inverno ocorrem com as seguintes temperaturas do ar: máxima entre os 23 a 24 °C (61 óbitos/dia), média de 20 °C (59 óbitos/dia), mínima entre os 11 a 12 °C (65 óbitos/dia). A partir destas temperaturas do ar e utilizando o coeficiente regressão (temperatura/mortalidade) foi determinada a temperatura do ar a partir da qual se dá o incremento máximo do número de óbitos médio diário por cada diminuição de 1 °C na temperatura máxima, média e mínima. A mortalidade média diária aumenta: 1,2 óbitos/dia com a temperatura máxima do ar  $\leq 21$  °C; 1,0 óbitos/dia com a temperatura média do ar  $\leq 20$  °C; 1,4 óbitos/dia com a temperatura mínima do ar  $\leq 11$  °C. Por cada descida de 1 °C destes valores térmicos ocorre sempre mais de um óbito por dia, mas é com a descida de 1 °C da temperatura mínima  $\leq 11$  °C que o incremento da mortalidade diária é maior.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) representa a proporção da variação da variável dependente explicada pela variável independente. Verifica-se a partir das Figuras 15, 16 e 17 que a temperatura máxima do ar é a variável com maior poder de explicação da variabilidade da mortalidade média de Inverno no distrito de Lisboa.

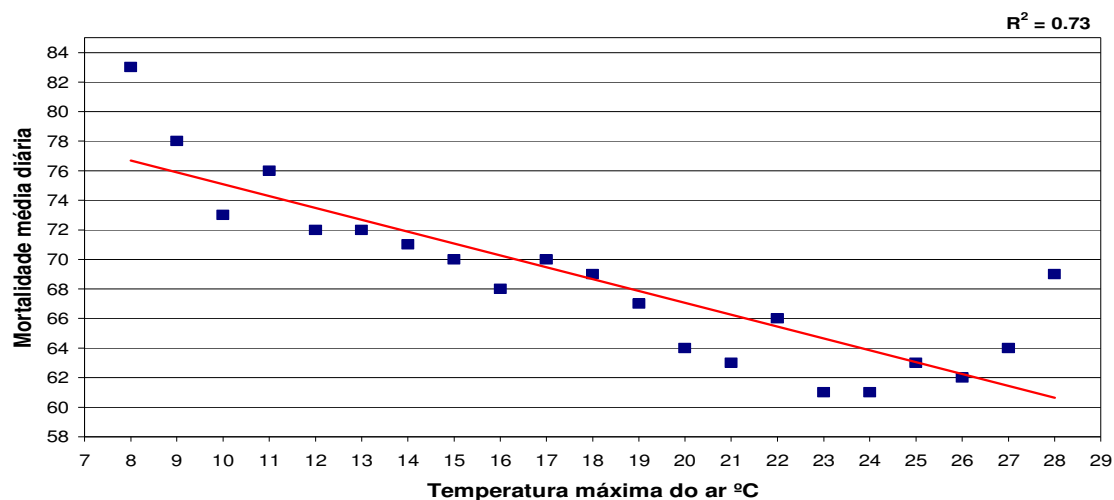


Figura 15. Variação da mortalidade média com a temperatura máxima do ar

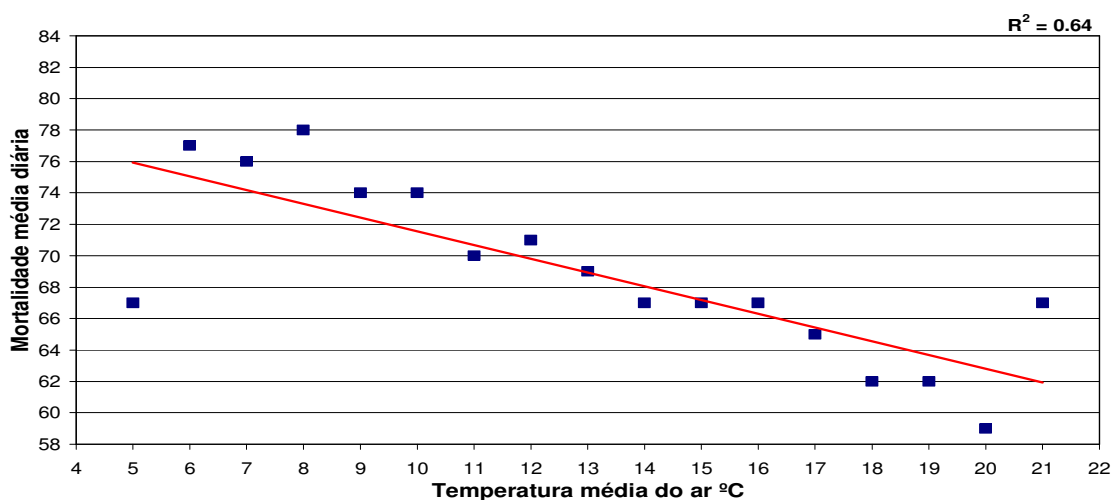


Figura 16. Variação da mortalidade média com a temperatura média do ar

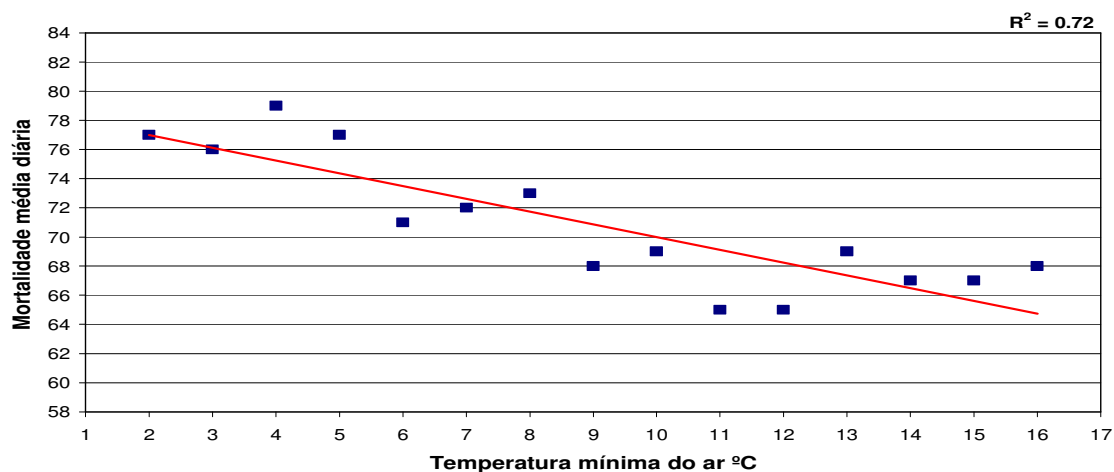


Figura 17. Variação da mortalidade média com a temperatura mínima do ar



Estes valores determinados são significativos ao nível de confiança ( $p < 0,05$ ). É um tipo de relação muito semelhante ao identificado por outros autores (Díaz *et al.*, 2003 e 2005). Uma das explicações possíveis deste tipo de relação é o facto das actividades humanas se desenvolverem, sobretudo durante o período diurno, durante o qual é maior a probabilidade de ocorrência das temperaturas máximas; durante a noite, quando é mais frequente a ocorrência das temperaturas mínimas, o abrigo é em geral maior e, portanto as pessoas são menos afectadas por estas temperaturas.

### **7.3 Mortalidade diária por géneros com a temperatura**

Nas relações entre a temperatura do ar e a mortalidade diária é cientificamente conhecida a existência de comportamentos diferenciados entre diversos grupos de risco e em função da idade e do género (Pinheiro, 1990; Alberdi, *et al.*, 1998; INE, 2002; Wilkinson *et al.*, 2004).

Procurou-se averiguar se essa diferenciação se verificava igualmente no distrito de Lisboa. Para efectuar esta análise foi aplicado a cada um dos géneros o mesmo processo estatístico utilizado para a mortalidade total.

A mortalidade média diária varia inversamente à temperatura do ar nos dois géneros (Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23). Está bem patente nos gráficos destes dois grupos que os valores mais elevados da mortalidade média ocorrem com as temperaturas do ar mais baixas.

Os valores de  $R^2$  indicam que a mortalidade masculina tem uma relação mais forte com as temperaturas diárias do que a feminina. A temperatura mínima é a variável com maior poder de explicação da variabilidade da mortalidade média para os homens, enquanto para as mulheres é a temperatura máxima que mais explica a variabilidade da mortalidade.

Os coeficientes de correlação para os dois géneros e para todas as temperaturas do ar são significativos ( $p < 0,05$ ).

Como se verificou na mortalidade geral também para os homens e para as mulheres existe uma inversão na tendência da mortalidade média diária, em que a mortalidade volta a aumentar para temperaturas do ar mais elevadas (máxima, média e mínima). Mas, os valores máximos da mortalidade média para estas temperaturas mais elevadas de ambos os géneros também são sempre inferiores à mortalidade média diária das temperaturas mais baixas.

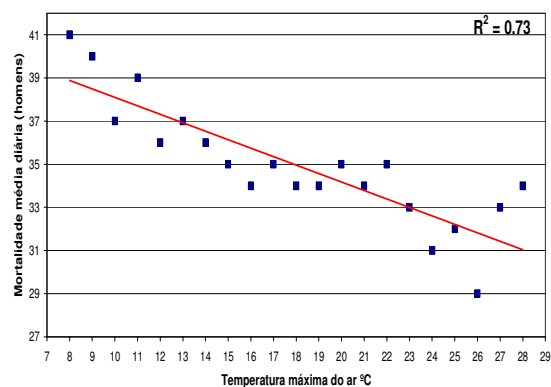


Figura 18. Variação da mortalidade com a temperatura máxima do ar (homens)

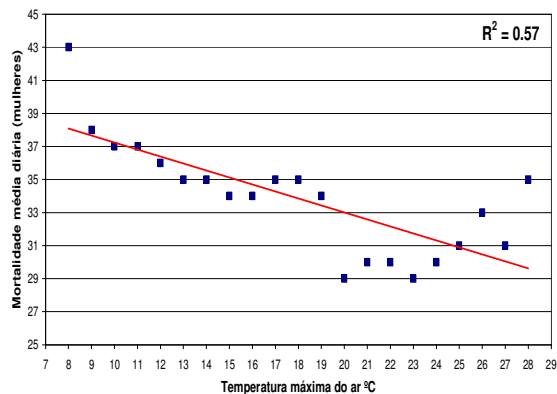


Figura 21. Variação da mortalidade com a temperatura máxima do ar (mulheres)

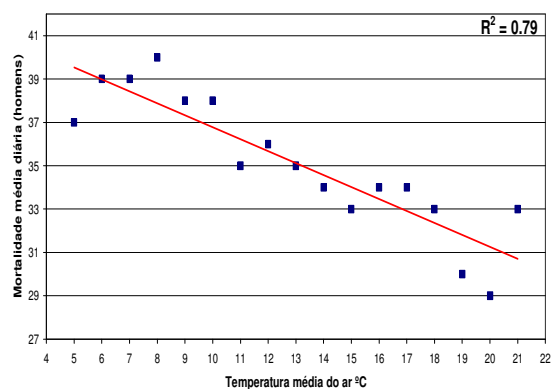


Figura 19. Variação da mortalidade com a temperatura média do ar (homens)

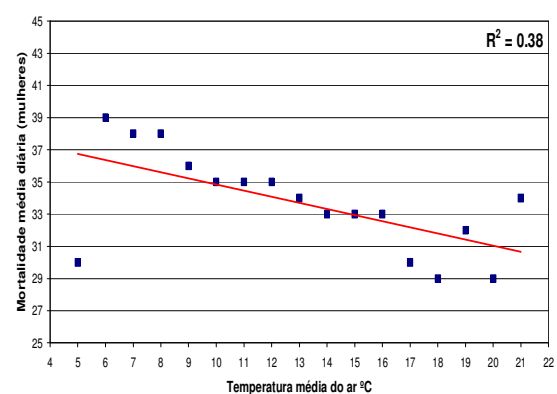


Figura 22. Variação da mortalidade com a temperatura média do ar (mulheres)

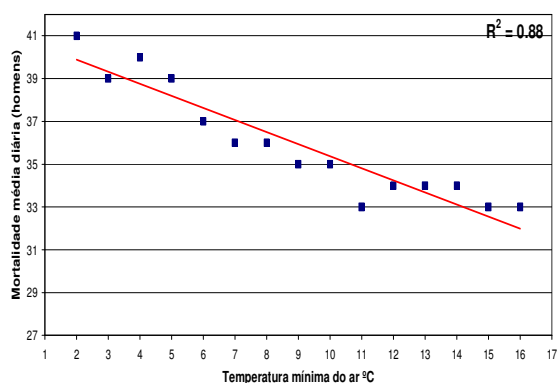


Figura 20. Variação da mortalidade com a temperatura mínima do ar (homens)

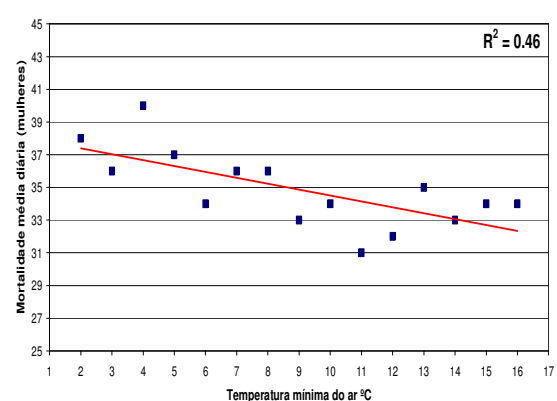


Figura 23. Variação da mortalidade com a temperatura mínima do ar (mulheres)

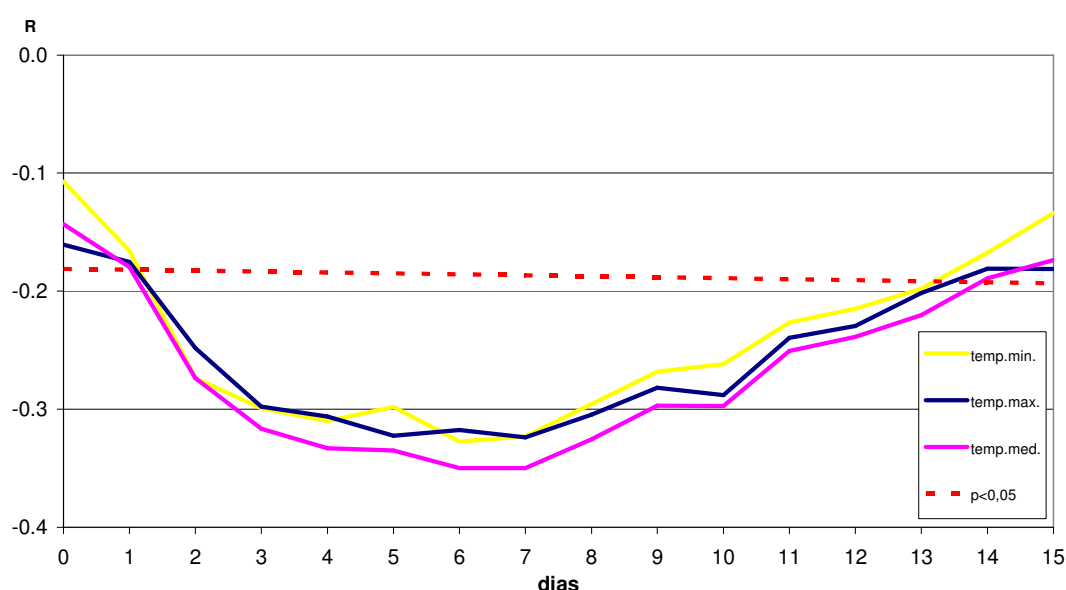
É interessante verificar que os pontos de inversão da mortalidade média diária não são comuns aos dois géneros. Os valores de inversão nas mulheres ocorrem em geral para temperaturas mais baixas que nos homens; com as temperaturas máxima  $\geq 24$  °C nas mulheres e  $\geq 27$  °C nos homens; média  $\geq 19$  °C nas mulheres e  $\geq 21$  °C nos homens; na temperatura mínima do ar o ponto de inversão parece ser comum aos dois géneros ( $\geq 12$  °C).

Aos pontos de inversão da mortalidade média dos dois géneros antecederem os valores médios mais baixos da mortalidade diária dos homens e das mulheres. Nas mulheres a mortalidade média mais baixa ocorre sempre para temperaturas inferiores às dos homens. Verifica-se que nos homens os valores mínimos da mortalidade média diária ocorrem com as temperaturas do ar: máxima = 26 °C (29 óbitos/dia), média = 20 °C (29 óbitos/dia) e mínima = 11, 15 ou 16 °C (33 óbitos/dia). Nas mulheres os valores mínimos ocorrem com temperaturas máxima = 20 e 23 °C (29 óbitos/dia), média = 18 e 20 °C (29 óbitos/dia) e mínima = 11 °C (31 óbitos/dia). As mulheres registam valores médios mais baixos da mortalidade diária para temperaturas inferiores, demonstrando assim uma maior resistência às temperaturas de Inverno do que os homens.

A partir destes valores mais baixos da mortalidade média diária associada a cada um dos géneros e utilizando o coeficiente de regressão (temperatura/mortalidade) foi determinada a temperatura do ar a partir da qual se dá o incremento máximo do número de óbitos médio diário por cada diminuição de 1 °C na temperatura do ar (máxima, média e mínima). A mortalidade média entre os homens aumenta: 0,45 óbitos/dia para a temperatura máxima do ar  $\leq 24$  °C; 0,61 óbitos/dia para a temperatura média do ar  $\leq 20$  °C e 0,82 óbitos/dia para a temperatura mínima do ar  $\leq 11$  °C. Por cada 1 °C de diminuição na temperatura do ar a mortalidade média das mulheres aumenta: 0,71 óbitos/dia para a temperatura máxima do ar  $\leq 23$  °C; 0,46 óbitos/dia para a temperatura média do ar  $\leq 20$  °C e 0,68 óbitos/dia para a temperatura mínima do ar  $\leq 11$  °C. Somente, com a diminuição da temperatura máxima do ar é que o grupo das mulheres possui um aumento de número de óbitos médio diário superior ao dos homens mas, mesmo assim para um valor térmico inferior ao do grupo dos homens.

## 7.4 O atraso da mortalidade com a temperatura

As variações das FCC obtida ao longo dos vários dias para cada uma das temperaturas (máxima, mínima e média) são muito semelhantes (Quadro 14). As temperaturas afectam a mortalidade diária de forma significativa ( $p < 0,05$ ), a partir do 2º e até ao 13º dia seguinte (Figura 24).



**Figura 24. Atraso da mortalidade diária em relação às temperaturas (1996 a 2003)**

Repare-se que com a utilização da correlação linear simples ( $\tau = 0$ ), o grau de relacionamento mais forte seria com a temperatura máxima do ar ( $R = -0,16$ ), seguida da temperatura média e da mínima. Para este desfasamento nulo as correlações com as temperaturas não são estatisticamente significativas.

As correlações estimadas com a temperatura máxima são quase sempre superiores às da temperatura mínima mas, é com a temperatura média ar que se estimam as correlações mais elevadas a partir do 1º e até ao 15º dia seguinte.

Destacam-se três períodos ao longo da variação das correlações cruzadas da mortalidade diária com a temperatura do ar (máxima, mínima e média): o primeiro é de

aumento relativamente rápido entre o próprio dia ( $\tau = 0$ ) e o 3º dia seguinte ( $\tau = 3$ ); um segundo período desde o 4º até ao 7º dia, onde a correlação continua a aumentar mais moderadamente, atingindo o valor de correlação mais elevado com a temperatura média nos dois últimos dias deste período; o último período a partir do 8º até ao 15º dia, onde a correlação diminui.

O segundo período identificado (4º ao 7º dia) possui a relação mais forte com a mortalidade, indicando o atraso na resposta da mortalidade diária em relação à ocorrência de temperaturas baixas. Assim, são as temperaturas do ar que ocorrem entre 4 a 7 dias antes dos valores de mortalidade em causa que mais influenciam a mortalidade diária do distrito de Lisboa durante o Inverno, com um “pico máximo” nos 6º e o 7º dia ( $R = -0,35$ ), para a temperatura média do ar. São vários os estudos que evidenciam o atraso da mortalidade diária relativamente às temperaturas de Inverno. Alberdi *et al.*, (1998), estudou para a comunidade de Madrid (1986 a 1992), algumas variáveis meteorológicas, tendo identificado um atraso na mortalidade diária de Inverno, com a temperatura do ar, de 4 a 11 dias. Curriero *et al.*, (2002) realizou um estudo para 11 cidades dos Estados Unidos da América, onde foi identificado o atraso da mortalidade diária entre 4 a 8 dias com as temperaturas do ar de Inverno. Este autor não só identificou o atraso da mortalidade nas várias cidades, como também, a diferenciação geográfica no efeito de atraso desta mortalidade diária.

## **7.5 O atraso da mortalidade por géneros com a temperatura**

Pretendeu identificar-se se existem diferenças no atraso da mortalidade diária entre homens e mulheres. Foram seguidos para cada um dos géneros os mesmos procedimentos utilizados para a mortalidade geral.

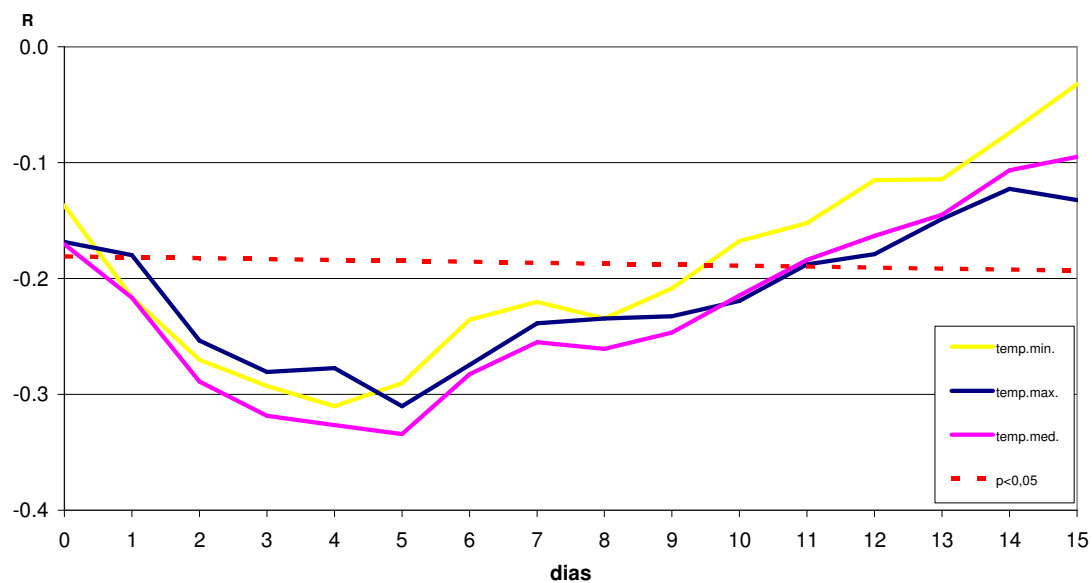
As Figuras 25 e 26 apresentadas para cada um destes géneros representam a FCC de todos os Invernos (1996 a 2003). Para os dois géneros todas as FCC estimadas são negativas. As temperaturas do ar (máxima, média e mínima) apresentam uma variação inversa e significativa, para a maioria dos dias seguintes, com o número de óbitos diário, tanto dos homens como das mulheres.

Tal como para a mortalidade geral, verifica-se um desfasamento na resposta da mortalidade diária em relação à temperatura do ar, para os dois géneros. Existe, contudo uma diferenciação no desfasamento entre os dois géneros.

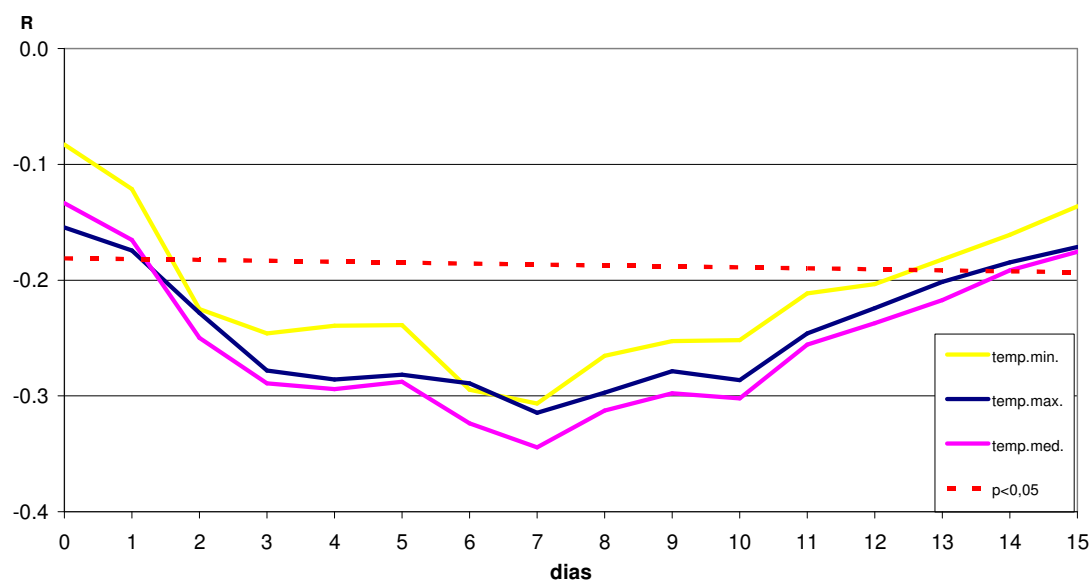
A relação da mortalidade com a temperatura torna-se significativa mais cedo para os homens (dia seguinte) que para as mulheres (2º dia) mas, a relação para os homens, deixa também de ser estatisticamente significativa mais cedo (entre 10º e 11º dia) que para as mulheres (13º e 14º dia).

A temperatura média do ar é a que melhor estima o atraso da mortalidade para ambos os géneros ao longo dos vários dias; obtendo-se um valor ligeiramente mais forte na correlação para as mulheres (homens  $R = -0,33$ , mulheres  $R = -0,34$ ). Estes relacionamentos máximos têm um desfasamento de 2 dias entre os dois géneros, o que mostra que a temperatura média do ar influencia a mortalidade diária durante o Inverno mais cedo nos homens (5º dia) que nas mulheres (7º dia).

Os três períodos da variação identificados na mortalidade geral diária de Inverno já não surgem tão bem definidos nos dois géneros, o que de certa forma mostra a distinção associada à variação de cada um dos géneros relativamente à variação da FCC para a mortalidade geral. Embora a variação das FCC de cada género seja distinta elas apresentam somente uma tendência de aumento e de diminuição das correlações.



**Figura 25. Atraso da mortalidade diária dos homens em relação às temperaturas (1996 a 2003)**



**Figura 26. Atraso da mortalidade diária das mulheres em relação às temperaturas (1996 a 2003)**



## **7.6 Conclusão do capítulo 7**

São evidentes as relações existentes entre a mortalidade geral, para os dois géneros com a temperatura do ar (máxima, média e mínima) no distrito de Lisboa durante o Inverno (1996 a 2003). Quanto mais baixas são as temperaturas diárias maior é o número médio de óbitos desta altura do ano. Este relacionamento é estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ).

As relações lineares mais fortes não são comuns; na mortalidade média geral e para as mulheres a relação é mais forte com a temperatura máxima do ar, para os homens é a temperatura mínima que mais explica a variação do número médio de óbitos desta altura do ano. Mas, as relações lineares determinadas para os homens são superiores com todas as temperaturas do ar.

Os valores mais baixos da mortalidade média diária das mulheres ocorreram neste período do ano para valores de temperatura inferiores aos dos homens.

Foi identificado um atraso de alguns dias na mortalidade diária em relação à temperatura do ar (máxima, média e mínima). A temperatura média do ar foi a que melhores resultados apresentou neste tipo de relacionamento desfasado. O atraso da mortalidade diária é distinto entre os dois géneros, a resposta é mais precoce nos homens ( $R_{max}$ . 5º dia) que nas mulheres ( $R_{max}$ . 7º dia). As diferenças identificadas mostram que existe uma distinção no atraso da mortalidade diária dos homens e das mulheres do distrito de Lisboa, com as diferentes temperaturas do ar.



## Capítulo 8

### **Relação da mortalidade diária de Inverno do distrito de Lisboa com a *Physiological Equivalent Temperature* (PET)**

Nos resultados que foram apresentados no Quadro 14, a variável independente que apresentou uma relação mais forte com a mortalidade diária foi a *PET* (mínima, máxima e média), com um valor de FCC sempre superior ao da temperatura do ar. Isto indica a importância das outras variáveis que entram no cálculo da *PET*, nomeadamente a intensidade do vento e os fluxos radiativos), para as condições bioclimáticas, quando associadas à temperatura do ar.

A influência da atmosfera sobre os seres humanos exerce-se de forma combinada, ou seja, os diversos elementos meteorológicos que caracterizam as diferentes situações sinóticas não afectam isoladamente o ser humano. Para avaliar o efeito dessa influência combinada na mortalidade diária é utilizado um índice termofisiológico: a *Physiological Equivalent Temperature* – *PET* (Mayer e Höppe, 1987; VDI 3787, 1988, Höppe 1999; Matzarakis *et al.*, 1999; Andrade, 2003).

Ao longo do século XX foram desenvolvidos vários tipos de índices pela Bioclimatologia Humana. Estes índices combinam alguns elementos meteorológicos para avaliar as condições atmosféricas às quais os seres humanos estão sujeitos. Um dos índices de frio largamente divulgado durante o séc. XX foi o *Wind-Chill*, facilmente calculado é muito utilizado por diversos serviços meteorológicos<sup>17</sup>. Índices como este têm sido postos em causa e largamente criticados por diversos autores (Auliciems *et al.*, 1977; Andrade, 2003), pois não consideram a presença de vestuário e as componentes do balanço energético do corpo humano. O *Wind-Chill* sendo desajustado como índice de conforto humano para o frio, deve ser aplicado somente às partes desprotegidas do corpo humano (Andrade, 2003).

Actualmente, os estudos de Bioclimatologia Humana utilizam índices de conforto térmico baseados na modelação do balanço energético do corpo humano

---

<sup>17</sup> Divulgado no *site* do Instituto de Meteorologia de Portugal.

(Fanger, 1972; Auliciems *et al.*, 1977; Mayer *et al.*, 1987; 1990, Matzarakis *et al.*, 1991; Jendritzky *et al.*, 2000; Andrade, 2003). Um destes índices de conforto térmico e actualmente bastante divulgado é a *Physiological Equivalent Temperature – PET*. Este índice foi relacionado com a mortalidade diária durante o Inverno do distrito de Lisboa (1996 a 2003). A *PET* é obtida a partir do modelo MEMI (*Munich Balance Model for Individuals*, de Höpe, 1984), que se baseia em Fanger (1972). Integrando igualmente equações de Gagge *et al.* (1971) para estimar os processos fisiológicos do ser humano. O MEMI permite estimar os fluxos de calor no interior e à superfície do corpo, incluindo as partes cobertas e descobertas.

A *PET* define-se como a temperatura do ar, num compartimento com um conjunto de condições atmosféricas padrão: temperatura do ar igual à temperatura média radiativa ( $T_{mrt}$ )<sup>18</sup>, intensidade do vento de 0,1 m/s, tensão de vapor 12 hPa (humidade relativa HR = 50% e temperatura do ar  $T_a = 20$  °C), que requeira a mesma resposta fisiológica que um ambiente real, no exterior com temperatura do ar diferente da  $T_{mrt}$ , vento e tensão de vapor variáveis. No cálculo da *PET* assume-se uma produção metabólica de calor<sup>19</sup> do corpo humano de 80 W/m<sup>2</sup> e um isolamento térmico do vestuário<sup>20</sup> de 0,9 *Clo*.

Para calcular as *PET* diárias foram utilizados os dados diários da EML/GC. Os elementos diários são: as máximas, médias e mínimas das temperaturas do ar (°C), as respectivas tensões de vapor (hPa), a quantidade de nebulosidade (partes de céu coberto em oitavos) e a intensidade do vento (m/s). Para o cálculo da *PET* é necessário estimar previamente a  $T_{mrt}$ , o que foi feito recorrendo ao *Software Rayman* (Matzarakis *et al.*, 2007), a partir da informação referente às coordenadas do lugar e à nebulosidade. Os resultados da estimação da  $T_{mrt}$  utilizando o programa *Rayman* foram validados para Lisboa em Andrade (2003) e Andrade e Alcoforado (2007).

---

<sup>18</sup> A temperatura média radiativa é definida como a temperatura uniforme de uma superfície envolvente negra, com a qual o corpo humano tenha as mesmas transferências radiativas que com o ambiente real, frequentemente não uniforme (Fanger, 1972; Mayer e Matzarakis, 1997).

<sup>19</sup> O metabolismo interno do corpo humano influenciado por uma série de factores individuais entre eles destaca-se a temperatura corporal, a temperatura ambiente, a massa corporal e a actividade física. Uma taxa metabólica de 80 W/m<sup>2</sup> corresponde a um indivíduo de pé relaxado em movimento.

<sup>20</sup> Isolamento térmico do corpo humano proporcionado pelo tipo de vestuário em uso, segundo o VDI (1998) 1,0 *Clo* é o isolamento correspondente a um fato completo.

Nas estações meteorológicas a intensidade do vento é medida por anemómetros que geralmente estão situados a 10 m de altura. Mas, a influência directa dos elementos meteorológicos sobre os seres humanos dá-se em termos médios entre 1,5 a 2 m de altura. Perante esta situação a melhor opção é que a intensidade do vento seja estimada para uma das alturas de maior influência com o ser humano (Matzarakis, 1997; Andrade, 2003). Assim, os dados diários da intensidade do vento foram todos corrigidos para 1,5 m<sup>21</sup>, o índice termofisiológico (*PET*) foi calculado com as novas séries da intensidade do vento corrigidas.

---

<sup>21</sup> A intensidade do vento foi corrigida de 10m para 1,5 m., de acordo com a expressão (Deacon, 1949 citado por Linacre, 1992):

$$u_z = u_s (z/z_s)^a$$

Sendo.

$u_z$  = intensidade do vento à altura  $z$  (m/s)

$u_s$  = intensidade do vento a 10 m. (m/s)

$z_s$  = 10 m.

$a$  = estabilidade da atmosfera (estimada com base na classificação de PASQUIL):

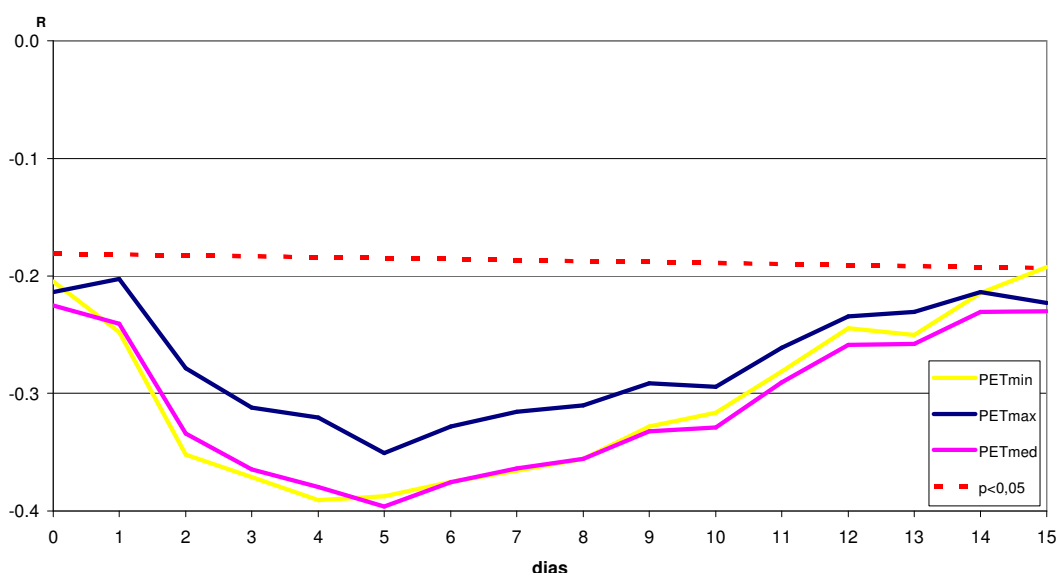
atmosfera estável  $a=0,4$

atmosfera neutra  $a=0,14$

atmosfera instável  $a=0,1$

## 8.1 O atraso da mortalidade geral com a *PET*

Para analisar o efeito na mortalidade diária foram calculadas as diferentes *PET* as quais foram correlacionadas com a mortalidade diária dos Invernos de 1996 a 2003, através do processo já descrito para as temperaturas do ar. As FCC estimadas entre a mortalidade diária de Inverno no distrito de Lisboa e as *PET* são sempre negativas e significativas ao longo dos vários dias (Figura 27), desde o próprio dia até ao último dia seguinte considerado.



**Figura 27. Atraso da mortalidade diária em relação à *PET* (1996 a 2003)**

Tal como para a temperatura do ar, confirma-se a existência do atraso da mortalidade diária em relação aos valores de *PET*.

Repare-se que foram obtidas correlações muito mais fortes ao longo dos vários dias com as *PET* do que as estimadas com a temperatura do ar (máxima, média e mínima). A FCC com a *PET* média apresenta inicialmente ( $\tau = 0$ ) os valores mais elevados; no entanto, a *PET* mínima destaca-se da *PET* média durante alguns dias (1º e 4º dia), o que não acontecia com a temperatura mínima.

Tal como na temperatura, a *PET* média estima a correlação mais forte que a *PET* mínima, respectivamente  $R = -0,396$  e  $R = -0,391$ .

Verifica-se assim um atraso da mortalidade diária com todas as *PET*. O período que melhor representa o atraso da mortalidade diária com as diferentes *PET* prolonga-se durante vários dias (2º ao 10º dia). Mas há claramente valores mais fortes para a *PET* média entre o 3º e o 7º dia. Repare-se que este período surge mais cedo e prolonga-se durante mais dias que o relacionamento homólogo obtido com a temperatura do ar (máxima, média e mínima).

A mortalidade responde portanto, de forma desfasada aos valores baixos de *PET*, com uma relação mais forte do que quando é considerada apenas a temperatura do ar, este relacionamento máximo dá-se mais cedo e prolonga-se durante mais dias.

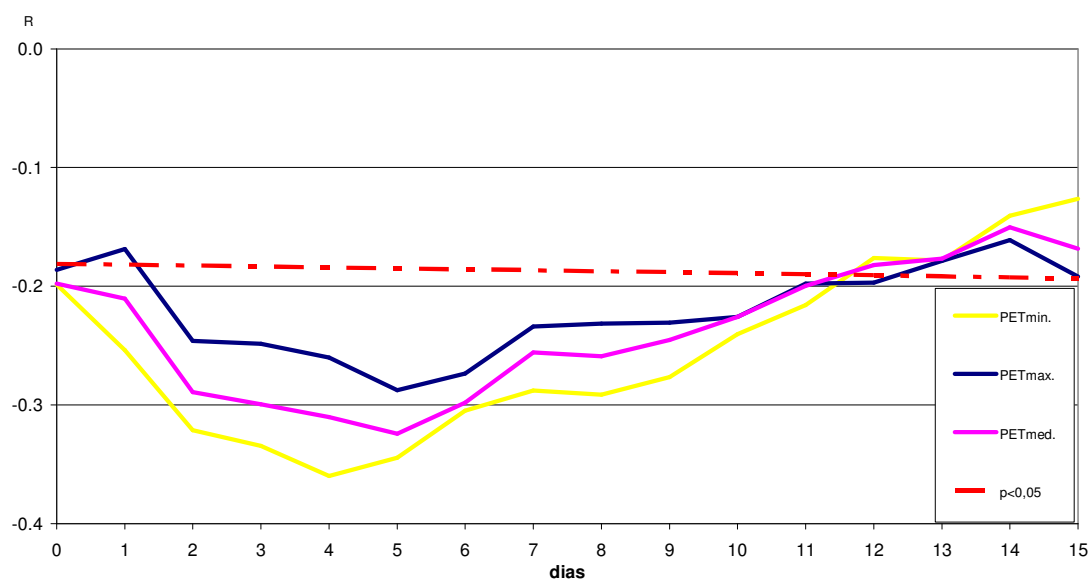
## **8.2 O atraso da mortalidade por géneros com a *PET***

Pretende verificar-se se existe uma diferenciação no atraso da mortalidade em relação aos valores de *PET*, para cada um dos géneros. Foram efectuados os mesmos procedimentos estatísticos descritos no ponto anterior.

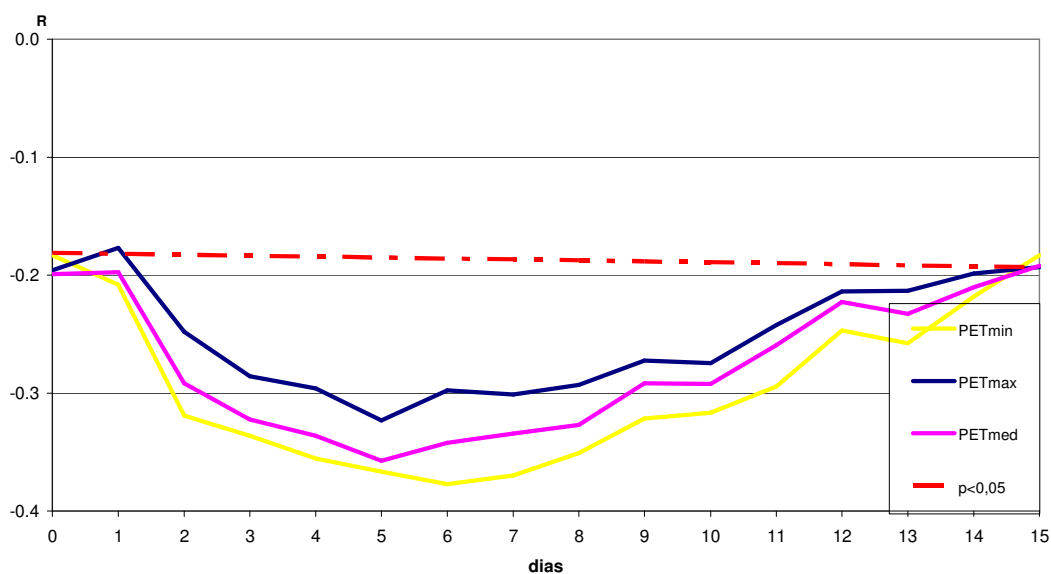
As FCC, estimadas entre a mortalidade diária dos homens e das mulheres são sempre negativas (Figuras 28 e 29). Para ambos os géneros a relação entre as variáveis dependente e independente é inversa e verifica-se o atraso da mortalidade diária relativamente às diferentes *PET*.

As correlações mais fortes estimadas para os dois géneros são com a *PET* mínima. Estas correlações são mais fortes nas mulheres que nos homens ( $R = -0,38$  e  $R = -0,36$ ) e em ambos os géneros são mais fortes do que as obtidas com as temperaturas do ar. Os homens apresentam uma resposta mais precoce do que as mulheres e alcançam a correlação mais elevada durante o 4º dia que é superior à das mulheres neste mesmo dia. A correlação mais elevada nas mulheres dá-se muito mais tardiamente durante o 6º dia. Embora, os homens se relacionem mais cedo, nas mulheres o efeito do atraso da mortalidade prolonga-se durante muito mais dias. A significância estatística no grupo das mulheres mantém-se praticamente até ao 15º dia seguinte.





**Figura 28. Atraso da mortalidade diária dos homens em relação à *PET* (1996 a 2003)**



**Figura 29. Atraso da mortalidade diária das mulheres em relação à *PET* (1996 a 2003)**

### **8.3 Conclusão do capítulo 8**

Com o índice termofisiológico *PET* foram obtidas as relações mais fortes com a mortalidade geral diária e por géneros. No que respeita ao atraso da mortalidade de Inverno, para o distrito de Lisboa, as FCC foram sempre superiores aos resultados obtidos, pelo mesmo método, com as temperaturas do ar.

A relação com a *PET* é mais forte para todos os desfasamentos. A *PET* mínima é a que apresenta as correlações mais fortes com a mortalidade diária geral e por géneros. As mulheres possuem uma correlação mais forte, sendo significativa durante muito mais dias. Mas, as correlações mais fortes associadas a cada género não são comuns, os homens antecipam-se às mulheres, respectivamente  $R_{max}$ . 4º dia e  $R_{max}$ . 6º dia. As diferenças identificadas mostram que se mantém a distinção no atraso da mortalidade diária dos homens e das mulheres também identificado com as temperaturas do ar.

## Capítulo 9

### Conclusão geral

Verificou-se que o risco de morrer em Portugal Continental durante a época mais fria do ano é muito mais elevada do que em qualquer outro. É um fenómeno sazonal observado à escala nacional (INE, 2003; Falcão *et al.*, 2004) e idêntico ao que se passa em diversos países europeus (Keatinge *et al.*, 2002; Healey, 2003). Existe também durante este período do ano uma grande variabilidade interanual do número de óbitos.

Os meses que apresentam os valores mais elevados de mortalidade em Portugal Continental são Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, meses que se consideram como “Inverno”. O ritmo da mortalidade mensal é profundamente alterado durante o mês de Dezembro, quando o número de óbitos aumenta consideravelmente. É recorrente existir um pico da mortalidade durante o mês de Janeiro.

A variabilidade interanual da mortalidade diária de “Inverno” no distrito de Lisboa para os anos de 1996 a 2003, tal como a nível nacional, é elevada.

Não foi identificado nenhum padrão semanal para a mortalidade geral do distrito de Lisboa, mas existe uma distinção na mortalidade diária por géneros (homens e mulheres). A mortalidade média diária para os homens durante o “Inverno” no distrito de Lisboa é mais elevada mas a das mulheres possui uma maior dispersão.

No estudo da relação das condições climáticas de Inverno com a mortalidade diária no distrito de Lisboa, foram usados vários elementos meteorológicos.

Verificou que a temperatura do ar (máxima, média e mínima) e o índice termofisiológico *PET* são os que mais se relacionam com a mortalidade diária de “Inverno” no distrito de Lisboa. Ficou neste estudo comprovada a significância estatística ( $p < 0,05$ ) da relação entre este elemento meteorológico e a *PET* com a mortalidade diária.

A temperatura diária do ar durante o “Inverno” influencia a mortalidade diária. Neste tipo de relação verificou-se que a mortalidade média diária aumenta com a

diminuição de todos os parâmetros de temperaturas do ar, o que é coerente com a mortalidade total do distrito durante o Inverno mais frio (1998/1999). Este Inverno foi o mais “mortífero” sendo também o Inverno com temperaturas do ar mais baixas (1996 a 2003). Dos sete Invernos em estudo o de 1998/1999 foi o único com temperaturas médias inferiores às de um **Inverno Típico** para o distrito de Lisboa.

A temperatura máxima do ar à superfície é a que possui a relação mais forte com a mortalidade média diária ( $R^2 = 0,73$ ). Foi identificada uma diferenciação da mortalidade média diária por géneros com as temperaturas do ar. Os valores mais baixos da mortalidade média das mulheres são registados para parâmetros térmicos inferiores aos dos homens, verificando-se assim que as mulheres apresentam, em média, uma menor vulnerabilidade ao frio do que os homens.

Identificaram-se os valores de temperatura que correspondem à mortalidade mais baixa: nos homens, correspondem a temperatura máxima de 26 °C (29 óbitos/dia), a média de 20 °C (29 óbitos/dia) e a mínima de 11, 15 ou 16 °C (33 óbitos/dia). Nas mulheres a temperatura máxima de 20 e 23 °C (29 óbitos/dia) a média de 18 e 20 °C (29 óbitos/dia) e a mínima de 11 °C (31 óbitos/dia). As mulheres apresentam assim uma maior resistência às temperaturas de Inverno do que os homens. Quando a temperatura desce abaixo dos valores referidos, o aumento da mortalidade para cada diminuição de 1 °C é, para os homens de 0,45 óbitos/dia para a temperatura máxima; 0,61 óbitos/dia para a temperatura média e 0,82 óbitos/dia para a temperatura mínima; para as mulheres o aumento é 0,71 óbitos/dia para a temperatura máxima; 0,46 óbitos/dia para a temperatura média do ar e 0,68 óbitos/dia para a temperatura mínima.

Verificou-se que existe um atraso da mortalidade diária de “Inverno” no distrito de Lisboa em relação à temperatura do ar, sendo a relação mais forte com a temperatura média do ar. São os valores de temperatura média que ocorrem 4 a 7 dias antes que mais influenciam a mortalidade de um dado dia. Verifica-se ainda um máximo no atraso da mortalidade diária ( $R = -0,35$ ) com a temperatura média entre o 6º e o 7º dia.

O facto de ser a temperatura média do ar a correlacionar-se melhor com a mortalidade de “Inverno”, ainda que à primeira vista, possa parecer estranho (por uma natural associação de ideias poder-se-ia pensar que seria a temperatura mínima), indica

que a mortalidade responde tanto à temperatura máxima como à mínima e que, em períodos com dias consecutivos de frio, a temperatura média expressa melhor esse efeito continuado.

O atraso da mortalidade diária é distinto nos dois géneros, mas, a relação mais forte de ambos os géneros é com a temperatura média do ar. Verificou-se que nos homens o atraso da mortalidade é menor do que nas mulheres, com as correlações mais fortes entre o 3º e 5º dia ( $R_{max} = -0.33$  no 5º dia), enquanto nas mulheres as correlações mais fortes se registam entre o 6º e 10º dia ( $R_{max} = -0.34$  no 7º dia).

Com a utilização do índice termofisiológico *PET* aumentaram os coeficientes de correlação entre a mortalidade e as condições climáticas de Inverno, relativamente aos resultados obtidos com a temperatura do ar. Para todos os desfasamentos com as várias *PET* (máxima, média e mínima) a relação é mais forte que a identificada com as temperaturas do ar e sempre significativa. É com a *PET* média que a mortalidade diária geral melhor se correlaciona ( $R = -0,396$ , no 5º dia), mas a *PET* mínima possui correlações mais fortes que a média durante vários dias (1º e 4º dia).

A *PET* mínima revelou a relação desfasada mais forte com a mortalidade diária por género. As mulheres apresentaram uma correlação mais forte do que os homens e ao longo de muitos mais dias, mas nos homens este relacionamento adiantou-se ao das mulheres, respectivamente  $R_{max}$ . 4º dia e  $R_{max}$ . 6º dia. Pelo que a influência da *PET* mínima é mais brusca nos homens, mas prolonga-se durante mais dias nas mulheres. Conclui-se que a relação da *PET* com a mortalidade diária do distrito de Lisboa é mais forte do que a da temperatura do ar. Isto deve-se ao facto deste índice termofisiológico se basear na acção combinada de diferentes elementos meteorológicos sobre o organismo humano. Esta combinação afecta não só o conforto humano, mas também a saúde e neste caso em particular a mortalidade diária do distrito de Lisboa durante o Inverno. Note-se que, devido a esta influência desfasada das condições climáticas sobre a mortalidade (tanto com a temperatura do ar como com o *PET*) o número de óbitos diário pode reflectir as condições climáticas do mês anterior, pelo que se conclui que a escala mensal não é a mais adequada para o estudo das relações entre clima e mortalidade.

Os resultados obtidos nesta tese permitem esperar em futuros estudos, que se aprofunde o conhecimento da relação entre diferentes elementos climáticos e a mortalidade de Inverno. Através da análise multivariada, poder-se-á construir melhores modelos de previsão da mortalidade, sendo, para isso, necessário, evidentemente, dispor de dados de mortalidade para períodos suficientemente longos e com a resolução temporal adequada.

Outro aspecto a desenvolver no futuro é a espacialização dos modelos que relacionam clima e mortalidade, aplicando a metodologia aqui implementada em outras regiões do país, permitindo desenvolver modelos regionais de previsão da mortalidade, em função das condições climáticas.

## Bibliografia

- Alberdi J.C., Díaz J., Montero J.C., Mirón I. (1998) – Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986–1991: Relationship with atmospheric variables. *European Journal of Epidemiology*, 14:571–578.
- Alcoforado M.J., (1981) – Orientações em Climatologia. Livro de homenagem ao Professor Orlando Ribeiro, Lisboa, 261-269.
- Alcoforado M.J. (1987) – Calendários de probabilidade da temperatura em Portugal. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, XXII (43):71-112.
- Alcoforado M. J. (1991) - Influência do tempo na agudização de dispneias respiratórias. *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, XXVI (52):105-116.
- Alcoforado M.J. (1992) - *O Clima da Região de Lisboa, contrastes e ritmos térmicos*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.
- Alcoforado M. J, Nunes M. F., Garcia J. C. (1997) – Climat et Société à Lisbonne avant la mise en place institutionnelle des observations météorologiques. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 10:75-83.
- Alcoforado M.J., Nunes M.F., Garcia, R. (1999) – A percepção da relação clima-saúde pública em Lisboa, no século XIX, através da obra de Marino Miguel Franzini. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 17 (2):31-40.
- Alves M.C. (2001) – Fenómenos e Condições Meteorológicas Adversas – Riscos e vulnerabilidades. Riscos Naturais em Portugal Implicações no Ordenamento do Território – Curso de Verão, Reitoria da Universidade de Lisboa.
- Andrade H. (1994) – Poluição Atmosférica e Clima em Lisboa, Aspectos da Variação Espacial e Temporal no Semestre de Inverno, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- Andrade H. (1998) – O desconforto térmico estival em Lisboa. Uma abordagem bioclimática, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, (66):41-58.
- Andrade H. (2000) – Bioclimatologia Humana: Novas Perspectivas, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, (69):157-159.
- Andrade H. (2003) – Bioclima Humano e Temperatura do Ar em Lisboa, Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- Andrade H., Alcoforado M-J (2007) Microclimatic variation of thermal comfort in a district of Lisbon (Telheiras) at night. *Theor Appl Climatol* (on line first).

- Auliciems A., de Dear R. (1977) – Thermal adaptation and Variable Indoor Climate Control. In: A. Auliciems (ed.) – *Advances in Bioclimatology* – 5. *Human Bioclimatology*. Queensland, Australia, Springer. 5: 61-86.
- Benson K., Kocagil P., Shortle J. (2000) – Climate change and health in the Mid-Atlantic Region. *Climate Research*. 14:245–253.
- Bettencourt M.L. (1975) – Frequência da ocorrência de anos secos e chuvosos em Portugal. Departamento de Meteorológica Agrícola. Serviço Meteorológico Nacional. Lisboa.
- Brockwell J., Davis A. (1987) – Time Series: Theory and Methods. Springer-Verlag, New York.
- Catarino J. (2000, 2001 e 2002) – Risco de Morrer em Portugal. DSIA, Divisão de Epidemiologia. Direcção-Geral da Saúde. Lisboa. 232 pp.
- CGER. Commission on Geosciences, Environment and Resources (2001) – Under the Weather: Climate, Ecosystems, and Infectious Disease, Atmospheric Sciences and climate, Division on Earth and Life Studies, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Davis R.E., Knappenberger P.C., Michaels P.J. Novicoff W.M. (2002) – Changing Heat Wave Mortality in U.S. cities. <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/69575.pdf>, acedido 17/9/2007.
- Dessai S. (2003) – Heat stress and mortality in Lisbon Part II. An Assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal of Biometeorology*. 48:37-44.
- Dessai S. (2004) – Probabilities, climate change scenarios and adaptation decision-making. <http://www.uea.ac.uk/~e120782/phdupdate04.pdf>, acedido 17/9/2007.
- Díaz J., Linares C., Tobías A. (2006) – Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45-65 age-group, *International Journal Biometeorology*, 50:342-348.
- Díaz J., García R., López C., Linares C., Tobías A., Prieto L. (2005) – Mortality impact of extreme winter temperatures, *International Journal biometeorology*, 49:179-183.
- Diniz J. (1861) – Da importância dos estudos meteorológicos para a Medicina e especialmente de suas aplicações ao ramo operatório. Tese de Licenciatura apresentada na Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Editora Coimbra, 2005.
- Donaldson G.C., Keatinge W.R. (2002) – Excess winter mortality: influenza or cold stress? Observatory study. *British Medical Journal*. 324:89-90.



- Curriero F.C., Heiner K.S., Samet J.M., Zeger S.L., Strug L., Patz J.A. (2002) – Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern United States. *American Journal of Epidemiology*. 155(1): 80-87.
- Comissão Europeia (2003) Programa de acção comunitário no domínio da saúde pública – Discussão sobre indicadores de saúde comunitários, Luxemburgo.
- Falcão J.M., Castro M.J., Falcão J.P. (1988) – Efeitos de uma onda de calor na mortalidade da população do distrito de Lisboa. *Saúde em Números*, 3(2):9-12.
- Falcão J.M., Paixão, P.J., Nogueira, J.M., Eleanora, J.P. (2004) – Efeitos do frio nas famílias portuguesas. Observatório Nacional de Saúde Estudo na amostra ECOS.
- Fanger P.O. (1972) – Thermal comfort. McGraw-Hill, Nova York.
- Gagnon A.S., Bush A.B.G., Smoyer-Tomic K.E. (2001) – Dengue epidemics and El Niño Southern Oscillation, *Climate Research*, 19:35-43.
- Gagge A.P., Stolwijk J.A.J., Nishi Y. (1971) – An effective scale based on a simple model of human physiological regulatory response, *ASHRAE Transactions*, 77, II: 247-262.
- Garcia A.C., Nogueira M.J., Falcão J.M., (1999) – Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. Volume temático: 1.
- Gemmell I., McIlone P., Boddy F.A., Dickinson G.J., Watt G.C.M. (2002) – Seasonal variation in mortality in Scotland. *International Journal of Epidemiology*. 29 (2):274-279.
- Gibbs W.J., Maher J.V. (1967) – Rainfall Deciles as Drought Indicators. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 48:37.
- Green M.S., Harari G., Kristal-Boneh E. (1994) – Excess winter mortality from ischemic heart disease and stroke during colder and warmer years in Israel. *The European Journal of Public Health*. 4 (1):3-11
- Höpe I. (1984) – Required clothing insulation (IREQ) as an analytical index of cold stress. *ASHRAE Transaction*, 84-20 (6):1116-1128.
- Healy J.D. (2003) – Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *Journal of Epidemiology and Community Health*. (57):784-789.
- INE (2003, 2005, 2007) – Estatísticas Demográficas e Sociais. Lisboa.
- Jendritzky G., Staiger H., Bucher K., Laschewski G. (2000) – The perceived temperature: the method of Deutscher Wetterdienst for assesment of cold stress and heat load for the

- human body. *Internet workshop on windchill*, April 3-7, 2000, Meteor: Service of Canada Environment Canada.
- Kalkstein L. S. (1991) – A New Approach to Evaluate the Impact of Climate on Human Mortality. *Environmental Health Perspectives*. 96:145-150.
- Kalkstein L.S., Greene J.S. (1997) – An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change. *Environmental Health Perspectives*. 105:84–93.
- Keating W.R., Donaldson G.C., Cordioli E., Kunst A.E., Mackenbah J.P., Nayha S., Vuori I. (2000) – Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *British Medical Journal*, 321:670–673.
- Kolivras K.N., Comrie. A.C. (2004) – Climate and infectious disease in the southwestern United States. *Progress in Physical Geography*. 28:387-398.
- Laake K., Sverre J.M. (1996) – Winter Excess Mortality: A Comparison between Norway and England plus Wales. *Age and Ageing*. 25 (5):343-348.
- Linacre E. (1992) – *Climate data and resources*. Routledge, London.
- Mackenbach J.P., Kunst A.E., Looman C.W.N. (1992) – Seasonal variation in mortality in the Netherlands. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 46: 261-265.
- Matzarakis A., Mayer H., 1991: The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of Human Biometeorology. *Atmospheric Environment* 25B, 203-211.
- Matzarakis A., Mayer H., Balafoutis C.H. (1997) – Synoptic and Human-Biometeorological Analysis of the Heat Waves in Greece. *Proceedings of 14th Congress of Biometeorology*, 1-8 September, Ljubljana, Slovenia. *Biometeorology* 14, Part 2, Volume 3, 113-120.
- Matzarakis A., Mayer H., Iziomom E. (1999) – Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*. (43):76-84.
- Matzarakis A., Rutz F, Mayer H (2007) – Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: application of the Rayman model. *International Journal of Biometeorology*. 51:323–334.
- Mayer H., Höppe P. (1987) – Thermal comfort on man in different urban environments *Theoretical and Applied Climatology*. 38:43-49.
- Mckee M., Sanderson C., Chenet L., Vassin S., Shkolnikov V. (1998) – Seasonal variation in mortality in Moscow. *Journal of Public Health*. 20(3):268–274.

- MCOTA (2004) – Índice de desenvolvimento Social. Concelhos de Portugal Continental. Portaria n.º 200/2004, 2ª Série de 4 de Fevereiro, [http://www.ige.min-edu.pt/site\\_actividadev2/documentos/mapa.pdf](http://www.ige.min-edu.pt/site_actividadev2/documentos/mapa.pdf), acedido 17/9/2007.
- Murteira B.J.F., Müller D.A., Turkman K.F. (1993) – Análise de Sucessões Cronológicas, McGraw-Hill. 293.
- Peixoto J.P. (1987) – O sistema climático e as bases físicas do clima. Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais.
- Peixoto J.P., Oort A.H. (1992) – Physics of Climate, American Institute of Physics, New York, 520.
- Pinheiro C. (1990) – Um frio de morrer ou a variação da mortalidade e clima nos distritos de Viana do Castelo e de Faro. Arquivos do Instituto Nacional de Saúde. 15:61-112.
- Ramos C. (1987) – A influência das situações anticiclónicas no regime da precipitação em Portugal. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, XXII (43):5-38.
- Rodrigues B. (1978a) – Considerações a propósito da variação estacional da mortalidade por doenças-vasculares, em Portugal. *Revista Portuguesa de Clínica e Terêutica*, 4 (3):97-104).
- Rodrigues B. (1978b) – A Bioclimatologia e a produtividade laboral. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, 1 (75):5-69.
- Rodrigues B. (1979) – O estado do tempo e as doenças reumáticas. *Revista Portuguesa de Clínica e Terêutica*, 5 (1):25-32).
- Sacarrão G.F. (1981) – A temperatura como factor ecológico. Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente. Comissão Nacional do Ambiente.
- Santana P. (1999) – A mortalidade “evitável” em Portugal Continental, 1989 a 1993. *Revista de Estudos Demográficos*, n.º 32, INE, Lisboa.
- Santana P., Vaz A., Fachada M. (2004) – O estado de saúde dos Portugueses. Uma perspectiva espacial. *Revista de Estudos Demográficos*, n.º 36, INE, Lisboa.
- Santos F.D., Forbes K., Moita R. (2002) – Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAM PROJECT. Editora Gradiva, Lisboa.
- Silva L.S., Marques R., Peleteiro M.M. (2005) – Um frio de morrer, em Portugal. Observatório Português dos Sistemas de Saúde. Gestão de problemas de saúde. <http://www.observaport.org/OPSS/Menus/Prestacao/Gestao+de+problemas+de+saude/FrioMorrerPortugal1995-2001.htm>, acedido 17/9/2007.

- Tamerius J.D., Wise E.K., Uejio C.K., McCoy A.L., Comrie A.C. (2007) – Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Springer-Verlag. 21(5):601-613.
- Tan J., Zheng Y., Song G., Kalkstein L.S., Kalkstein A.J., Tang X. – Heat wave impacts on mortality in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*. 51(3):193–200.
- THE EUROWINTER GROUP (1997) – Cold exposure and winter mortality from ischemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions in Europe. *The Lancet*, 349, 1341–1346.
- VDI (1998) – *Environmental meteorology, methods for the human-biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level*. VDI-Verlag. Dusseldorf.
- von Storch, H.; Zwiers, F.W. (1999) – *Statistical Analysis in Climate Research*, Cambridge University Press, Cambridge, 484 pp.
- Wilkinson P., Pattenden, S., Armstrong B., Fletcher A., Kovats R.S., Mangtani P., McMichael A.J. (2004) – Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study. *British Medical Journal*. (329):647-653.
- Wilks D.S. (1995) – *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego.
- WMO (2006) – *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO-N. 8 (Draft Seventh edition, 2006). Genève.

## **Dados utilizados**

INE (1988) Boletim Mensal de Estatística. Ano – LX n.º 2 Lisboa.

INE (1989) Boletim Mensal de Estatística. Ano – LXI n.º 2 Lisboa.

INE (1990) Boletim Mensal de Estatística. Ano – LXII n.º 2 Lisboa.

INE (1990) Boletim Mensal de Estatística. Volumes 63 (1991), 64 (1992), 65 (1993), 66 (1994), 67 (1995), 69 (1996), 69 (1997), 70 (1998), 71 (1999), 72 (2000).

DGS, Estatísticas da mortalidade diária do distrito de Lisboa, Dezembro a Março de 1996 a 2003.

I.M., I.P. Boletim Meteorológico Diário (1982 2000).

I.M., I.P. Boletim Meteorológico Diário, dos meses de Dezembro a Março de 1996 a 2003.

## ***Sites visitados***

[www.anmp.pt/anmp/div2006/30a/mm/doc/inmDGTT.pdf](http://www.anmp.pt/anmp/div2006/30a/mm/doc/inmDGTT.pdf) acedido em 21/9/07.

<http://www.meteo.pt/pt/clima/indicesclima/windchill.html> acedido em 2/9/07.